

“ANÁLISIS DE FUERZAS DEL TREN MOTRIZ EN VEHÍCULOS PESADOS”.

ROSA ELENA SAMANIEGO CASTRO.

ÁNGEL VICENTE SILVA ORTIZ. /

TESIS DE GRADO.



Previa la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Riobamba - Ecuador.

2009

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACION DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ÁNGEL VICENTE SILVA ORTIZ.

TÍTULO DE LA TESIS: "ANÁLISIS DE FUERZAS DEL TREN MOTRIZ EN VEHÍCULOS PESADOS".

Fecha de Exanimación: Julio 07 del 2009.

RESULTADO DE LA EXAMINACION:

| | | | |
|--------------------------|---------|------------|-------|
| COMITÉ DE EXAMINACION | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
| ING. GEOVANNY NOVILLO A. | | | |
| ING. RODRIGO DÍAZ B. | | | |
| ING. JORGE LEMA M. | | | |
| ING. GILBERTO ZABALA N. | | | |

Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES;

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

TABLA DE CONTENIDOS

| CAPITULO. | PAGINA |
|--|---------------|
| 1.GENERALIDADES. | |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Justificación | 3 |
| 1.3 Objetivo | 3 |
| 1.3.1 Objetivo general | 3 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 3 |
| 2. ANÁLISIS DE LOS FUNDAMENTOS BÁSICOS Y LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES QUE REQUIERE EL TRANSPORTE PESADO. | |
| 2.1 Prácticas de selección vehicular | 5 |
| 2.2 Factores que influyen en la selección vehicular. | 6 |
| 2.3 El proceso de selección vehicular | 8 |
| 2.4 Datos iniciales | 9 |
| 3. SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ QUE CUMPLA CON LOS REQUERIMIENTOS DE LAS CARRETERAS DEL ECUADOR. | |
| 3.1 Consideraciones para la selección de tren motriz | 14 |
| 3.1.1 Capacidad de arranque en pendiente (startability) | 15 |
| 3.1.2 Capacidad de ascenso en pendiente (gradeability) | 15 |
| 3.1.3 Velocidad máxima. | 15 |
| 3.1.4 Aceleración | 16 |
| 3.1.5 Capacidad de carga | 17 |
| 3.2 Componentes del tren motriz | 18 |
| 3.2.1 Motor | 18 |
| 3.2.1.1 Curvas características del motor | 21 |
| 3.2.2 Embrague | 25 |
| 3.2.3 Transmisión | 31 |
| 3.2.4 Diferencial | 39 |
| 3.2.5 Neumáticos | 43 |
| 3.3 Análisis de Fuerzas del tren motriz en vehículos pesados | 49 |
| 3.3.1 Fuerza aerodinámica | 49 |
| 3.3.2 Fuerza por pendiente | 52 |
| 3.3.3 Fuerza de resistencia al rodamiento | 53 |
| 3.3.4 Fuerza de inercia | 54 |
| 3.4 Características que proporciona el tren motriz. | 56 |
| 3.4.1 Desempeño del vehículo | 56 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.4.1.1 | Capacidad de arranque en pendiente (startability) | 56 |
| 3.4.1.2 | Capacidad de ascenso en pendiente (Gradeability) | 56 |
| 3.4.2 | Velocidad máxima | 57 |
| 3.4.3 | Economía de combustible | 58 |
| 3.5 | Selección del tren motriz de acuerdo al tipo de carretera | 59 |
| 3.5.1 | Carreteras planas o autopistas | 59 |
| 3.5.2 | Carreteras con pendientes | 60 |

4. DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ

| | | |
|-----|--|-----|
| 4.1 | Algoritmo del programa de selección del tren motriz. | 67 |
| 4.2 | Módulos del programa | 74 |
| 4.3 | Características del programa | 107 |

5. REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE APLICACIÓN DEL SOFTWARE.

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1 | Ejemplo de gráficas de desempeño del tren motriz | 110 |
| 5.5.1 | Evaluando la capacidad de arranque y ascenso en pendientes | 110 |
| 5.2 | Consideraciones finales | 114 |

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

| | | |
|-----|-----------------|-----|
| 5.1 | Conclusiones | 115 |
| 5.2 | Recomendaciones | 117 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.
 BIBLIOGRAFÍA
 LINKOGRAFÍA
 ANEXOS

CAPÍTULO

1.1 ANTECEDENTES.

A través de estudios realizados en empresas de auto transporte público e interprovinciales de carga y de pasajeros y en flotas industriales, se encontró el problema de la inadecuada elección de los vehículos destinados para la ejecución de su actividad, principalmente en lo relativo a los componentes del tren motriz.

Ante este hecho, surge la necesidad de proporcionar los lineamientos que permitan ayudar a los empresarios en la selección de los componentes del tren motriz para lograr un desempeño mecánico y energético óptimo, que se adapte a las condiciones de operación de las unidades en las diferentes carreteras del país, facilitando al usuario la selección más adecuada en el momento de realizar la adquisición del vehículo en función de sus necesidades.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

En nuestro país existe una gran cantidad de vehículos que no han sido debidamente seleccionados ocasionando así un consumo excesivo de combustible y neumáticos generando una gran pérdida por el mal aprovechamiento de la verdadera capacidad del transporte de carga, en la que la mayoría de los casos, éstos están subutilizados y por otra parte sobredimensionados.

La decisión de compra de un nuevo vehículo ya sea a manera de renovación o para satisfacer la demanda de transporte, no es fácil de tomar. En las empresas de transporte de servicio pesado, dedicados al servicio de carga o de pasajeros, el vehículo es el instrumento fundamental de su actividad, por lo que se debe de considerar su compra como un proyecto

de inversión, en el cual se tienen que tomar en cuenta las necesidades reales de la empresa de acuerdo con el tipo de operación, los costos inherentes a la operación de la unidad, del mantenimiento y del combustible, así como, de la seguridad del operador, de los pasajeros o de la carga que transporta.

Sin embargo, los responsables de las compras de las unidades dejan los aspectos técnicos de la unidad bajo la responsabilidad de los vendedores de los vehículos y sólo cuidan los aspectos externos que le den imagen a la empresa con un costo mínimo en la adquisición del vehículo lo que a mediano o largo plazo puede resultar contraproducente. El responsable de la compra debe tener en mente la vida útil del vehículo y el valor de rescate cuando decida reemplazar la unidad.

Por lo que en este programa recomendaremos específicamente al cliente para que adquiriera un vehículo acorde a sus necesidades específicas y que saque el máximo de provecho del mismo.

1.2.1 Justificación técnica.

Un aspecto técnico que se debe de considerar como elemento fundamental para la toma de decisión de compra es la adecuada selección del motor y de los demás componentes del tren motriz del vehículo, ya que esto repercute directamente en la productividad de la empresa de transporte.

En la selección vehicular la parte técnica está sujeta a cumplir con los requerimientos económicos, y esto se alcanza cuando los vehículos satisfacen las necesidades de la empresa, esto es, la clase de actividad a la que está destinada la unidad, así como el tipo de recorrido más común a realizar, cumplir con la capacidad de arranque en pendiente, con la capacidad de ascenso en pendiente y mantener la operación del motor dentro del régimen óptimo de economía de combustible, es decir, cumplir con la prueba real de desempeño a que puede ser sometido un vehículo.

Teniendo estos factores en mente se puede decir que la selección se hará desde el punto de vista de ahorro de energía.

1.2.2 Justificación económica.

Se refiere principalmente al nivel máximo de utilidades que se puede obtener a través de un buen sistema de mercadeo para lograr un índice óptimo de carga y de recorrido con carga.

1.2.3 Justificación legal.

La selección del vehículo debe de considerar que se satisfagan los aspectos legales que reglamentan la circulación de los vehículos en nuestro país.

Según el reglamento del H. CONGRESO NACIONAL LA COMISIÓN DE LEGISLACIÓN Y CODIFICACIÓN RESUELVE EXPEDIR: CODIFICACIÓN - LEY No. 000 R.O. NO. 1002, Viernes, 2 de agosto de 2006.

Art. 1.- La presente ley tiene por objeto la organización, la planificación, la reglamentación y el control del tránsito y el transporte terrestre, el uso de vehículos a motor, de tracción humana, mecánica o animal, de la circulación peatonal y la conducción de semovientes; el control y la prevención de los accidentes, la contaminación ambiental y el ruido producido por vehículos a motor; y, la tipificación y Juzgamiento de las infracciones de tránsito. [1]

1.2.4 Justificación financiera.

Este parámetro se refiere a la inversión que tiene que realizar la empresa al adquirir un vehículo nuevo, el cual debe considerarse como un proyecto de inversión, con todas sus implicaciones. En el caso del autotransporte hay que resaltar lo siguiente:

- Las utilidades se van generando día a día y éstas se gastan de la misma forma, ya que se puede tener un margen de ingresos elevado y no disponer del financiamiento para solventar la compra parcial o total de una unidad.
- La adquisición de un vehículo nuevo no genera utilidades inmediatas, pero sí egresos inmediatos como son: seguro, combustible, sueldos del operador, etc., por lo que se recomienda establecer un programa de financiamiento anticipado que permita hacer frente a los compromisos económicos que se hayan contraído. [2]

1.3 OBJETIVO.

1.3.1 Objetivo general.

- Analizar las fuerzas del tren motriz en vehículos pesados, para una óptima selección de los mismos en función de los requerimientos de carga y circulación.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Analizar los fundamentos básicos y las características principales que requiere el transporte pesado.
- Seleccionar el tren motriz que cumpla con los requerimientos de las carreteras del Ecuador.
- Desarrollar un software para la selección del tren motriz.
- Realizar pruebas de aplicación del software.
- Proporcionar información técnica a través de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II.

ANÁLISIS DE LOS FUNDAMENTOS BÁSICOS Y LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES QUE REQUIERE EL TRANSPORTE PESADO.

2.1 PRÁCTICAS DE SELECCIÓN VEHICULAR.

¿Piensa reemplazar su camión o una parte de su flota? Si analiza ahora cuales son las opciones que mejor podrían satisfacer sus necesidades, usted ahorrará dinero a futuro. [2]

ANTES DE COMPRAR:

Conozca sus necesidades. Antes de comprar, evalúe cuidadosamente sus necesidades. ¿Qué uso le dará al vehículo? ¿Cuáles son las especificaciones que le recomiendan sus trabajadores? Las características que usted busca en un camión cambiarán dependiendo de que éste circule en las grandes rutas o en el tráfico urbano. No compre vehículos con mayor capacidad de la necesaria.

Planifique. No espere hasta el último minuto para comprar equipo nuevo. Tómese el tiempo necesario para pensar en sus necesidades y haga una lista donde detalle las especificaciones que busca en sus vehículos nuevos.

Una compra apresurada puede ahorrarle un poco de tiempo pero a la larga le puede costar más dinero.

Piense a largo plazo. El combustible, los costos de operación y mantenimiento se incrementan. Un vehículo más caro pero que use menos combustible puede resultar más económico en el largo plazo.

Calcule la vida útil del vehículo y su valor de reventa. Un alto consumidor de combustible será más difícil de vender conforme aumente el precio del combustible.

Consulte la lista de verificación. Cuando esté determinando las especificaciones de un vehículo, le convendrá conocer con exactitud qué espera de éste y las condiciones bajo las cuales lo operará.

Opciones de compra. En nuestro país existen concesionarios que ofrecen continuamente vehículos y componentes nuevos.

Es aconsejable que usted como cliente se tome el tiempo necesario para elegir por lo menos dos proveedores para que trabajen en sus especificaciones. Éstas deberán ser más o menos similares. De no serlo, averigüe en que radica su diferencia. Este ejercicio de comparación nos ayudará a realizar una mejor compra.

Pruebas de demostración. De ser posible, utilice un vehículo de prueba para incorporarlo a su propia operación. Sea crítico al evaluar su desempeño. No acepte otra cosa que lo más adecuado para su trabajo. No juzgue un vehículo por el hecho de manejarlo vacío unos cuantos kilómetros.

Esto no le permitirá determinar cuál será su rendimiento estando completamente cargado y en condiciones de operación reales.

2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN VEHICULAR.

La selección de un vehículo es un compromiso en el que se debe de analizar con detenimiento las necesidades a satisfacer antes de realizar la compra, por lo que es conveniente tratar de responder a preguntas tales como:

- ¿Cuál es la naturaleza de la carga a transportar?
- ¿Qué tipo de vehículo se requiere?
- ¿Cuál es la capacidad de carga normal que se desea transportar?
- ¿Cuál es la ruta de operación que prevalece en los recorridos?
- ¿Cuál es la pendiente máxima que se tiene que ascender?
- ¿Cuál es el kilometraje anual esperado?
- ¿Cuál es la velocidad de cruce normal para las unidades?
- ¿Cuánto tiempo transitará en ciudad y cuánto en carretera?

Representación de la marca. Se dan casos en que los empresarios del transporte, por demostrar la importancia de su empresa, adquieren vehículos de alguna marca que no tiene representantes en el mercado nacional. Esto representa una gran desventaja para el propietario, ya que en caso de fallas mecánicas, se tiene que enfrentar a muchas dificultades para procurarse las refacciones que les hagan falta, así como dificultades para vender las unidades cuando se busca renovar el equipo.

Homogeneización del parque. La homogeneización del parque, consiste en comprar una sola marca, lo que le permite:

- Mejorar la planeación del mantenimiento.
- Especializar la mano de obra del taller.
- Conocer mejor la frecuencia de las fallas típicas de esta marca, mediante un análisis eficiente.
- Disminuir los costos de mantenimiento.

Política de renovación. Por lo general los responsables de la flota vehicular no tienen una política definida de renovación vehicular, ya que esperan a que los vehículos lleguen a más de diez años de antigüedad para pensar en sacarlos de circulación. Esta actitud no es la más conveniente, ya que si se analizan los costos de mantenimiento se observará que existe un período determinado en que éstos se vuelven demasiado altos, reduciendo fuertemente las utilidades. Es por esto recomendable que desde la compra del vehículo se considere una política de renovación, basándose en métodos que para tal efecto existen y que pueden ser utilizados por el empresario de acuerdo con la situación que presente la empresa. [2]

Que, el artículo 15 de la ley orgánica de aduanas establece que el presidente de la república, mediante decreto ejecutivo, previo el dictamen favorable del COMEXI, establecerá, reformará o suprimirá los aranceles, tanto en su nomenclatura como en sus tarifas; y, En ejercicio de las facultades que le confiere la ley.

- **Artículo 1.-** Emitir dictamen favorable para diferir, en forma temporal, a cero por ciento (0%) la tarifa arancelaria para la importación anual de vehículos terminados,

chasis y carrocerías para transporte público, que participan en el programa de renovación del parque automotor, de conformidad con el anexo 1. [3]

Costo de mantenimiento. En el momento de la selección hay que considerar el programa de mantenimiento que proporciona el representante de la marca, ya que éste por lo general está basado en la aplicación de la garantía.

Por lo que es conveniente que el transportista considere que la garantía conlleva a integrar el costo de mantenimiento preventivo correspondiente en su plan de financiamiento.

Confort del operador. Este aspecto por lo general tiene dos vertientes, una referida en el sentido estricto del confort de la cabina, esto es, asientos, insonorización, accesibilidad a los controles, etc., y la otra referida a la facilidad de conducción del vehículo, lo que se logra mediante una selección técnica. La primera acepción está relacionada directamente con el trabajo del operador, ya que éste producirá en relación inversa al grado de su fatiga física. [2]

2.3 EL PROCESO DE SELECCIÓN VEHICULAR.

Las empresas necesitan elaborar sus propios criterios para seleccionar el tipo de unidades que se adapten más a las actividades de las mismas. Por lo que, a continuación se presentan una serie de criterios a considerar que puede servir de guía para lograr una selección técnica adecuada del vehículo.

Naturaleza del Transporte. Al seleccionar un vehículo para reposición o como nueva adquisición, se debe de considerar el tipo de actividad como el primer paso para la selección de la unidad, esto es, se debe de tener en mente la naturaleza del transporte, es decir, se transportará mercancías o personas. Igualmente deben tenerse en cuenta el tipo de operaciones al que será destinado normalmente: servicio urbano, rural o internacional.

Al realizar un análisis de los conceptos mencionados, se podrá identificar el perfil de la unidad que se requiere, esto es: peso, dimensiones, capacidad útil y tipo del vehículo, por ejemplo, autobús, minibús, camión, y otros.

Sin embargo, el tipo de actividad puede ser ya conocida tal como sería el caso de la renovación del parque vehicular de la empresa de transporte o porque ya se tiene la vocación definida de la empresa.

Esto no excluye el hecho de que se tomen en consideración los aspectos mencionados con anterioridad, ya que la tecnología automotriz se encuentra en un cambio continuo debido a las condiciones de competitividad por el mercado del autotransporte. Esto ha venido repercutiendo en mejoras en el rendimiento energético del vehículo y la relación del tipo de manejo con respecto a la eficiencia energética por tipo de recorrido.

Transporte de carga. La naturaleza del transporte de carga se refiere principalmente al tipo de la mercancía, su presentación física para ser transportada, la forma de cargarla y descargarla, y la seguridad durante su transporte.

La naturaleza de la mercancía. Es necesario tomar en consideración el tipo de producto ya que puede ser (sólido, líquido o gas), la densidad específica del producto, el volumen físico, la naturaleza del producto; si se trata de alimentos, sustancias peligrosas, animales, material de construcción, muebles, etc.

Presentación física de la mercancía. La presentación física de la mercancía puede ser por piezas, a granel, con embalaje (tales como cartón, caja, bolsa, contenedor), y otros.

Carga y descarga de la mercancía. La forma de cargar y descargar la mercancía es un factor importante para el usuario del transporte ya que es en este tipo de operación en donde se puede dañar el producto, por lo que se debe de tomar en consideración la forma de manejar la carga en el vehículo; esto es manejo de la carga por la parte trasera o lateral, por la parte superior del vehículo, con o sin anden de carga y descarga, etc.

Las operaciones de carga y descarga pueden ser manuales o con equipo, tales como grúas.

Transporte de pasajeros. Se debe de tener en cuenta que el proceso de selección de un vehículo destinado a este servicio, implica un alto sentido de responsabilidad por las empresas que se dedican a este tipo de servicio. Los pasajeros y el equipaje deben ser transportados con puntualidad, seguridad, comodidad y confort.

El operador debe ser una persona con los conocimientos técnicos suficientes y con vocación de servicio en su actividad.

2.2 DATOS INICIALES.

Para determinar el tipo de vehículo que requiere la empresa es necesario conocer su modo de utilización y establecer en forma cuantitativa el nivel de aprovechamiento de la unidad que se desea seleccionar, por lo que se tienen que considerar los registros históricos de utilización del parque vehicular para aprovechar al máximo la unidad seleccionada.

La información de la que se debe de tener registro en la empresa y que se considera como mínima por cada unidad es:

- Recorrido promedio anual de la unidad.
- Número de viajes redondos por año.
- Número de días de operación por año.
- Rutas críticas.
- Efectividad en la utilización de la capacidad total de carga de la unidad.

Los primeros tres registros permitirán determinar un tren motriz apto para el tipo de servicio ofertado. Hay que considerar que al utilizar los días de operación (promedio) por año, el número de viajes (promedio) de ida y vuelta por año, así como el recorrido promedio anual, esto nos permite determinar el recorrido promedio diario y por viaje, así como la velocidad promedio de recorrido.

En número de días de operación por año, se debe de tomar en consideración los días de inmovilización del vehículo por mantenimiento y reparaciones.

Para determinar la tasa de aprovechamiento de operación del vehículo o de la flota, se tienen que determinar los siguientes indicadores:

- Índice de carga (ocupación promedio) Ic .
- Índice kilométrico o índice de recorrido Ik .
- Índice de recorrido con carga o pasajeros Irc .
- Índice de aprovechamiento vehicular Iav .

Índice de carga (ocupación promedio) Ic .

El índice de carga representa el aprovechamiento de la capacidad de carga útil del vehículo.

Este índice se determina considerando el promedio de carga, en kilogramos o el número de pasajeros transportados, con respecto a la capacidad útil del vehículo y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ic = \frac{Upt}{c} \quad (2.1)$$

Donde:

Ic = Índice de carga.

Upt = Unidades promedio transportadas, pasajeros o kilogramos de carga.

C = Capacidad útil del vehículo.

La capacidad de carga útil del vehículo es la diferencia entre el peso vehicular total menos el peso muerto de la unidad completa.

Índice kilométrico o índice de recorrido *Ik*. Este índice representa la relación entre la utilización del vehículo con base en la distancia anual real recorrida por el vehículo y la distancia anual que la empresa determine como norma de recorrido “ideal”, este índice se determina mediante la ecuación 2.2.

El valor que se ha considerado como ideal para los transportes en nuestro país, cuando la empresa no tiene un kilometraje anual establecido como ideal, es de 100,000 km por año para el transporte de carga y 180,000 km por año para el transporte de pasajeros, esto de acuerdo con estudios realizados en diferentes empresas de transporte tanto de carga como de pasajeros.

$$Ik = \frac{dr}{di} \quad (2.2)$$

Donde:

Ik = Índice kilométrico (Índice de recorrido).

dr = Distancia real recorrida.

di = Distancia ideal establecida.

Índice de recorrido con carga o pasajeros *Irc*. El índice de recorrido con carga predice el porcentaje del recorrido en vacío de la unidad, es decir, establece la relación de utilización de la capacidad útil del vehículo, esto es, la relación entre el kilometraje realizado con carga (o pasajeros) y el kilometraje total efectuado.

Este índice se calcula con la ecuación 2.3.

$$Irc = \frac{drc}{dto} \quad (2.3)$$

Donde:

Irc = Índice de recorrido con carga.

drc = Distancia recorrida con carga.

dto = Distancia total efectuada.

Índice de aprovechamiento vehicular *Iav*. El índice de aprovechamiento vehicular relaciona el número de toneladas -kilometro (pasajero-kilómetro) realmente transportadas y el número de toneladas-kilometro (pasajero-kilómetro) ofertadas por la empresa, ecuación 2.4.

$$Iav = Ic \times Irc \quad (2.4)$$

Donde:

Iav = Índice de aprovechamiento vehicular.

Ic = Índice de carga.

Irc = Índice de recorrido con carga.

El índice de aprovechamiento vehicular se puede calcular también como el producto del índice de carga y el índice de recorrido con carga, lo que dará como resultado la tasa de aprovechamiento del vehículo mediante la ecuación 2.5, esto es:

$$Iav = \frac{Upt * drc}{C * dto} \quad (2.5)$$

Donde:

Iav = Índice de aprovechamiento vehicular.

Upt = Unidades promedio transportadas, pasajeros o kilogramos de carga.

C = Capacidad útil del vehículo.

drc = distancia recorrida con carga.

dto = distancia total efectuada [2].

Tabla 1: Valor promedio de los índices de operación*.

| Indicadores | Tipo de autotransporte | | |
|--|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Flota de carga | Flota de pasajeros | Flotas Industriales |
| Índice kilométrico | 0.85 | 1.00 | 0.8 |
| Índice de carga | 0.65 | 0.9 | 0.7 |
| Índice de recorrido con carga | 0.65 | 0.9 | 0.7 |
| Índice de aprovechamiento vehicular | 0.6 | 0.75 | 0.45 |

*Datos obtenidos mediante encuesta verbal a los transportistas.

CAPÍTULO III.

SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ QUE CUMPLA CON LOS REQUERIMIENTOS DE LAS CARRETERAS DEL ECUADOR.

3.1 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ.

El tren motriz de un vehículo es el conjunto de sistemas y elementos que permiten transformar la energía interna del combustible que se introduce en el motor, en trabajo y movimiento del vehículo, a través de una serie de transformaciones termoquímicas de la energía proporcionada por el combustible.

El desempeño del vehículo, que en la práctica es conocido como *performance*, se ve afectado por los elementos que componen el tren motriz, así como por diversos parámetros cuantitativos, de los cuales destacan principalmente dos: la pendiente más crítica por la que transitará, que a su vez depende de la ruta de operación y del peso de la carga máxima que se quiere transportar.

Con esto se puede en principio determinar la potencia máxima del motor y, por consiguiente, se pueden establecer los elementos que integrarán el tipo de vehículo y su tren motriz.

En la ruta de operación crítica se considera el estado de la carretera, principalmente la rugosidad, desgaste de la superficie y los porcentajes máximos de pendiente ascendente ya que estos factores requerirán potencia adicional para arrancar y remontar las pendientes críticas, así como para vencer la resistencia al rodamiento en una carretera en malas condiciones.

La potencia máxima de un motor para mover una carga, es un criterio insuficiente para seleccionar el tren motriz, ya que no corresponde al mejor rendimiento, particularmente en la capacidad de arranque en pendientes (*startability*) o en la habilidad de ascenso en pendientes (*gradeability*).

La selección del tren motriz tiene una gran importancia debido las condiciones geográficas del país y por otra parte por el incremento del costo del combustible que repercute directamente en los costos de operación, particularmente cuando el tren motriz no es el adecuado. Un tren motriz adecuado debe de proporcionar las siguientes características a un vehículo:

- Capacidad de arranque en pendiente (*startability*).
- Capacidad de ascenso en pendiente (*gradeability*).
- Velocidad máxima.
- Aceleración.
- Capacidad de carga.

Al seleccionar un vehículo, la selección del tren motriz del mismo, es la etapa que requiere de más atención, ya que depende de la configuración que se seleccione, los problemas o ventajas que se tendrán durante la operación del vehículo. El tren motriz esta integrado por:

- Motor.
- Embrague.
- Transmisión.
- Diferencial.
- Llantas. [2]

3.1.1 Capacidad de arranque en pendiente (*startability*).

Capacidad de arranque en pendiente, (*startability*) del vehículo. Es la máxima pendiente sobre la que el vehículo puede arrancar y se satisface si la relación de paso de los primeros cambios de la transmisión tienen un valor numéricamente bajo, este valor se puede encontrar por ejemplo en el orden de 12 a 6 en la primeras seis velocidades para una transmisión de 16 velocidades. Este aspecto es importante de considerar para el desempeño de la unidad en terreno montañoso.

3.1.2 Capacidad de ascenso en pendiente (*gradeability*).

Capacidad de ascenso del vehículo en pendiente, (*gradeability*).- Define la capacidad de un vehículo para subir una pendiente. Una transmisión mal seleccionada cuando la unidad se encuentra a su máxima capacidad de carga, puede provocar que el régimen del motor disminuya al grado de no permitir el avance del vehículo. [4].

3.1.3 Velocidad máxima.

El tren motriz debe de proporcionar una velocidad de desplazamiento máxima.

En vehículos de turismo, la limitación de las velocidades máximas en carreteras y la facilidad con la que cualquier vehículo las alcanza, tanto en terrenos llanos, como en pendientes, excepto algunos por ser antiguos o por el mal mantenimiento, la velocidad no supone un gran problema en la seguridad.

En los vehículos industriales, esto no es así. La velocidad máxima alcanzable, de forma general, esta relacionada con la potencia de su motor. En terreno llano, la velocidad mínima que permita una circulación fluida es fácil de alcanzar por cualquier vehículo, incluso a plena carga. Sin embargo, el comportamiento en subidas de pendientes es totalmente diferente.

Se ha discutido mucho sobre la conveniencia de que los vehículos alcancen las velocidades máximas de circulación con relativa facilidad, o que alcancen velocidades mínimas en pendientes, que permitan fluidez en el tráfico.

El primer criterio se denomina de Relación Peso-Potencia, y el segundo de Velocidad mínima en pendiente.

El primero, de potencia por tonelada, presenta un gran inconveniente sobre todo en países con una orografía accidentada, puesto que no asegura un comportamiento adecuado de velocidad en tramos con pendientes.

El segundo, de velocidad mínima en pendiente, no requiere potencia tan elevada, como en el anterior, sino unos adecuados pares de motor en ruedas, como consecuencia de unas relaciones en caja de cambios y grupo cónico, también adecuadas.

3.1.4 Aceleración.

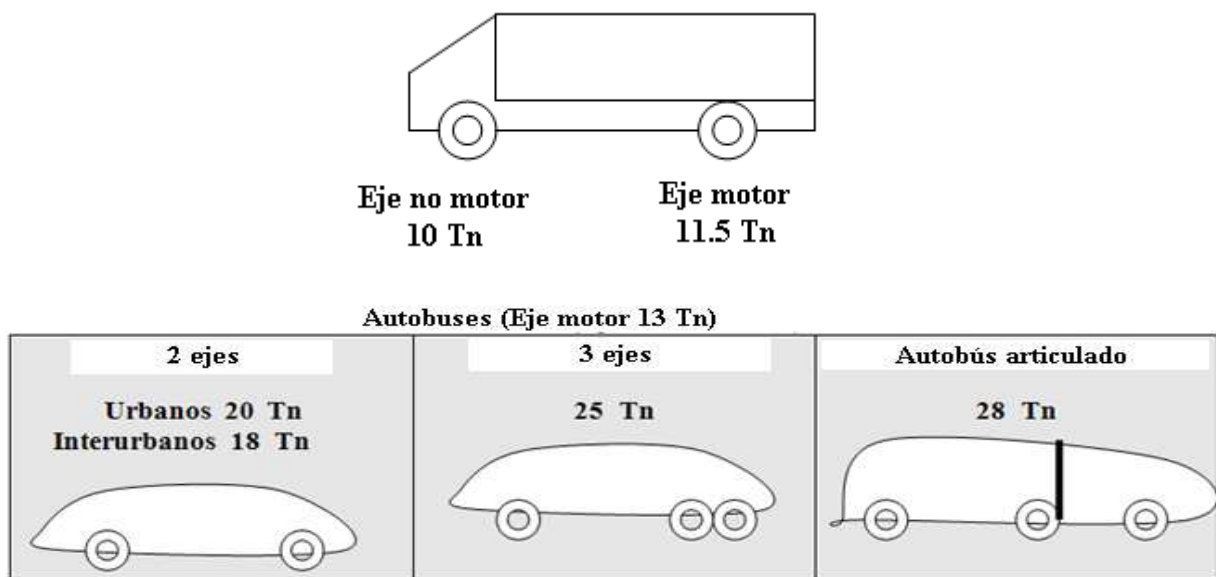
El tren motriz debe tener la capacidad de aceleración, siempre que sus efectos puedan ser controlados es garantía de seguridad.

En vehículos de turismo, una capacidad de aceleración elevada permite realizar en condiciones óptimas, fundamentalmente dos operaciones, el adelantamiento y la salida en cruce.

En la operación de adelantamiento permite la reducción del tiempo necesario para esta maniobra, así como la disminución del espacio recorrido en ella. En situaciones de salida en cruce, permite reducir el tiempo de paso por intersección, y el necesario para adecuarse a la velocidad mínima de circulación en el carril, que no obligue a los otros conductores a reducir su velocidad.[5].

3.1.5 Capacidad de carga.





La capacidad de carga va de acuerdo a los siguientes parámetros:



TONELADAS TOTALES VEHÍCULOS RIGIDOS POR N° DE EJES

| <u>DOS EJES</u> | <u>TRES EJES</u> | <u>CUATRO EJES</u> |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 18 Tn | 25 Tn | 31 Tn |
| Neumáticos dobles y suspensión neumática equivalente ó cada eje no exceda de 9.5 Tn 26 Tn | | |
| 32 Tn | | |

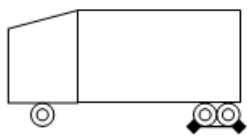
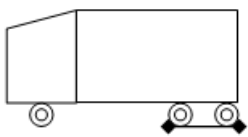
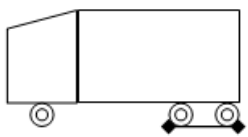
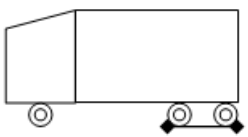
TANDEM REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES

| 11 Tn | 16 Tn | 18 Tn | 20 Tn |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| - 1 m | 1 m a 1,29 m | 1,30 m a 1,79 m | 1.80 m ó más |

REMOLQUES



| 2 EJES | 3 EJES |
|--|---|
|  |  |
| 18 Tn | 24 Tn |

TONELADAS POR EJE TANDEM “VEHÍCULOS RÍGIDOS”

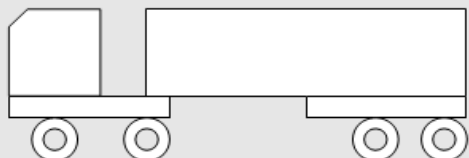
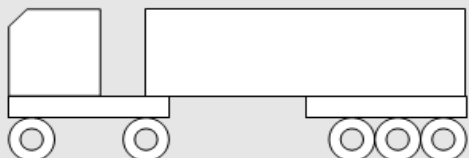
| | | | |
|---|---|--|---|
| 11.5 Tn  - 1 m | 16 Tn  1m a 1,29 m | 18 Tn  1,30 m a 1,79 m | 19 Tn  1,30 m a 1,79 m |
|---|---|--|---|

Neumáticos dobles y suspensión
Neumática equivalente ó cada
Eje no exceda de 9,5 Tn

TANDEM TRIAXIAL (Solo hay remolques y semirremolques)

| | |
|---|--|
| 21 Tn  - 1,30 m a 1,30 m | 24 Tn  1,31 m a 1,40 m |
|---|--|

TRENES DE CARRETERA

| | |
|--|---|
| 4 EJES  36 Tn | 5 ó Más EJES  40 Tn |
|--|---|

Ruedas gemelas, suspensión neumática
Distancia entre ejes tandem + **1,80 m**

Con contenedor I.S.O.
normalizado de 40 pies

38 Tn

44 Tn

Figura 1: Capacidad de carga. [6]

3.2 COMPONENTES DEL TREN MOTRIZ.

3.2.1 Motor.

Los vehículos en el transporte pesado utilizan motores de combustión interna que proporcionan potencia a partir de la combustión de un hidrocarburo con el aire del ambiente. Los hidrocarburos utilizados principalmente en este tipo de motores son gasolina o diesel, sin embargo, debido a que en el transporte de servicio pesado el motor utilizado de manera general

es el motor a diesel, es conveniente presentar el principio de funcionamiento de este tipo de motor.

El motor diesel es un motor de encendido por compresión con sus siglas en ingles (CI) formado por un conjunto de mecanismos de precisión que al trabajar en forma sincronizada, transforman la energía química almacenada en el combustible en trabajo mecánico, sin embargo en aplicaciones automotrices los motores diesel son siempre de cuatro tiempos.

El ciclo de trabajo del motor es:

Admisión: En esta primera carrera, el pistón desciende del punto muerto superior (*PMS*), al punto muerto inferior (*PMI*), mientras la válvula de admisión permanece abierta; al descender el pistón, éste va dejando un vacío que será llenado por el aire que entra a través de los conductos de admisión.

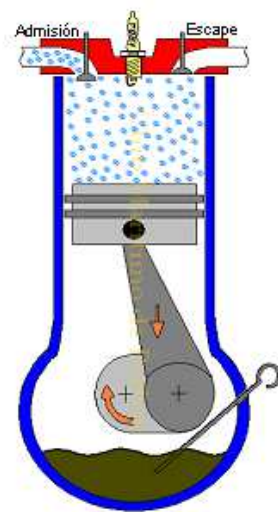


Figura 2: Ciclo de admisión. [7].

Compresión: Durante la segunda carrera, llamada carrera de compresión, el aire atrapado en el cilindro es comprimido por el pistón, el cual se mueve ahora hacia arriba, es decir, una vez que el pistón ha descendido hasta el *PMI* este retorna al *PMS*; las relaciones de compresión que se alcanzan se encuentran en un rango de 14:1 y 24:1. En este proceso, el aire se calienta hasta temperaturas cercanas a los 800°C. Al final de la carrera de compresión, el combustible se inyecta, dentro de la cámara que contiene el aire calentado, a una presión cercana a los 1500 bar. En este proceso las válvulas de admisión y de escape permanecen cerradas.

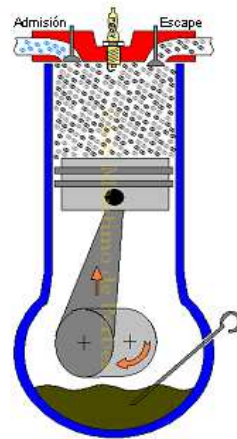


Figura 3: Ciclo de compresión. [7].

Expansión (carrera de trabajo): En la tercera carrera el combustible atomizado finalmente enciende como un resultado de la auto ignición y se quema casi completamente. La carga de calor en el cilindro sube aún más y nuevamente la presión del cilindro se incrementa. La energía liberada por la ignición es aplicada al pistón. El pistón es forzado a bajar y la energía de combustión es transformada en energía mecánica.

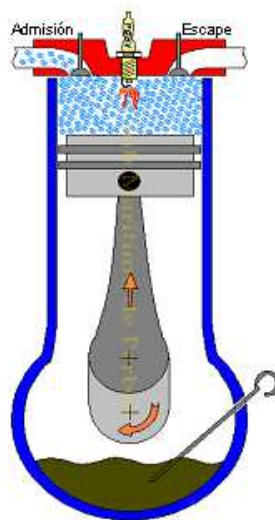


Figura 4: Ciclo de expansión. [7].

Escape: En la cuarta carrera, la válvula de escape se abre y el pistón se mueve nuevamente hacia arriba, pasando del PMI al PMS. El pistón empuja hacia afuera del cilindro los gases quemados, producto de la combustión a través de la válvula de escape que se encuentra abierta.

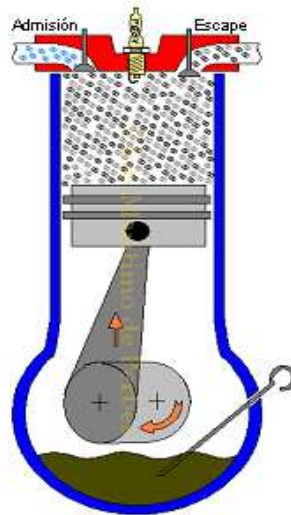


Figura 5: Ciclo de escape. [7].

3.2.1.1 Curvas características del motor.

Las curvas características del motor permiten conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones de régimen de operación, por lo que es necesario conocer e interpretar estas curvas, las cuales son: *curva de torque o par torsional*, *curva de potencia* y *curva de consumo específico de combustible*.

Curva de torque o par torsional. Por definición el torque, momento o par, es la multiplicación de la fuerza por la distancia y tiene como efecto producir un giro.

Para el caso de un motor, la combustión desarrollada a partir de la quema de un combustible, ejerce una fuerza sobre los pistones que se transmite a la biela y al cigüeñal. Este movimiento alternativo de los pistones se transforma así, en un movimiento circular. Por lo que se obtienen fuerzas de cada lado del volante del motor, a esta disposición particular de fuerzas se le denomina par, momento o torque.

La ecuación 3.1 que describe este comportamiento es:

$$T = F \cdot d \quad (3.1)$$

Donde:

T = Torque [Nm].

F = Fuerza [N]

d = distancia al punto de aplicación [m].

Es decir, el torque mide en Newton-metro la fuerza que se ejerce a la salida del motor, variando en función del volumen del combustible dentro de la cámara de combustión. Por lo que el torque varía de acuerdo con el régimen del motor (revoluciones por minuto o r.p.m.).

Por lo que la curva de torque representa la fuerza ejercida sobre los pistones cuando se realiza el proceso de combustión en un motor de combustión interna, esta fuerza se transmite a las bielas y al cigüeñal, provocando el par torsional.

En la figura 6 se muestra la curva de torque de un motor diesel, en el que se tiene un valor máximo del torque a las 1200 RPM del motor, ya que a medida que se van aumentando el régimen del motor se puede observar cómo el valor del torque disminuye.

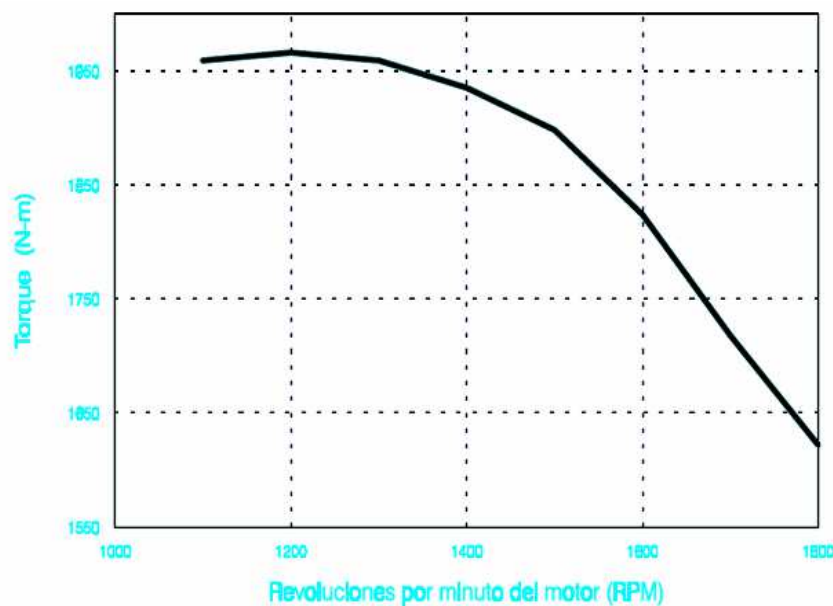


Figura 6: Curva de torque. [2].

Curva de potencia. La potencia es el trabajo que se desarrolla por unidad de tiempo, esto es la rapidez con que se realiza un trabajo, midiéndose en Newton metro por segundo (Nm/s) o en caballos de potencia (HP). En los motores, si se conoce el valor del torque que produce el motor en ciertas r.p.m., la potencia se puede calcular; este valor torque se multiplica por el régimen del motor obteniendo de esta forma la potencia del motor.

La potencia se calcula al dividir el trabajo entre el tiempo, de acuerdo con la ecuación 3.2:

$$P = \frac{W}{t} \quad (3.2)$$

Donde:

P = Potencia [Nm/s].

W = Trabajo [Nm].

t = Tiempo [s].

La curva de potencia del motor nos permite no sólo conocer el valor absoluto de la potencia, sino que además permite conocer en qué régimen del motor se libera la potencia máxima del mismo.

El torque no guarda una relación de proporcionalidad con la potencia.

Cuando un motor esta bien diseñado permite liberar un torque máximo al 80 por ciento de la potencia disponible, en un rango que no exceda de 1800 r.p.m., con el fin de garantizar un consumo mínimo de combustible.

En la actualidad, se tiene la tendencia a desarrollar una nueva generación de motores diesel denominados maxi-torque o de torque plano. Estos motores proporcionan la misma cantidad de potencia disponible, ofreciendo el torque máximo de forma constante en un rango de 300 r.p.m. y además proporcionan un torque 20% mayor, en un rango entre 1200 y 1600 r.p.m., esto garantiza un menor consumo de combustible y una mayor duración del motor.

La curva de potencia representa el trabajo por unidad de tiempo producido por un motor de combustión interna, esta curva se determina al multiplicar el par torsional por la velocidad de giro del cigüeñal (RPM del motor). En la figura 3.2 se observa cómo a medida que aumenta el régimen del motor el valor de la potencia también aumenta, alcanzando su valor máximo a 1600 r.p.m. y manteniendo este valor hasta alcanzar la velocidad máxima regulada a plena carga del motor.

Existen motores en los que la curva de potencia presenta su valor máximo cuando alcanza las revoluciones por minuto máximas a las que está regulado el motor. Sin embargo, existen

motores que alcanzan la potencia máxima antes de la velocidad gobernada del motor y en el punto del régimen gobernado la potencia es menor.

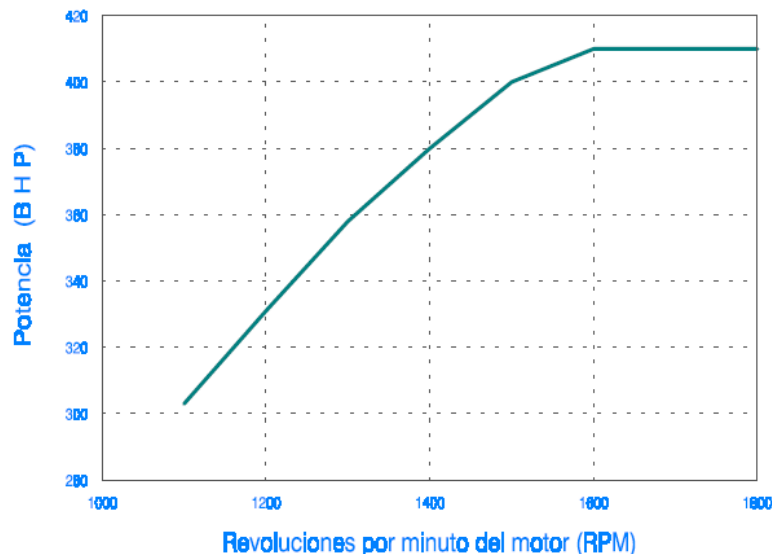


Figura 7: Curva de potencia en un motor diesel. [2].

Curva de consumo específico de combustible. La curva de consumo específico de combustible nos permite observar como este consumo aumenta o disminuye con el régimen del motor.

Esta curva se expresa por lo general en gramos de combustible por HP y por hora de funcionamiento (g/HPxh). Sin embargo, según los países de origen del vehículo, se pueden encontrar otras unidades tal como el gramo por Watt y por hora (g/Wxh) o la libra por HP y por hora.

El consumo específico de combustible depende físicamente de la potencia y del torque del motor.

En las curvas de consumo específico (ver figura 8), se observa que el menor consumo se tiene cerca del régimen de torque máximo, esto explica que se tenga en este punto la eficiencia máxima.

De todo lo anterior, se concluye que la potencia máxima de un motor es un criterio insuficiente para medir la eficiencia del mismo. A una misma potencia, se seleccionará el motor

que libere el máximo torque con el mínimo consumo específico de combustible, cuidando que las condiciones óptimas se logren con el número más bajo posible de revoluciones por minuto.

La curva de consumo específico de combustible representa la cantidad de combustible que consume el motor de acuerdo al régimen del mismo para generar un torque y una potencia determinada.

Un motor bien seleccionado deberá cumplir con lo siguiente:

- Una potencia suficiente para vencer las fuerzas que se oponen al desplazamiento del vehículo, de acuerdo con el perfil del recorrido.
- Un torque suficiente a un bajo régimen del motor.
- Un consumo específico mínimo a bajo régimen.

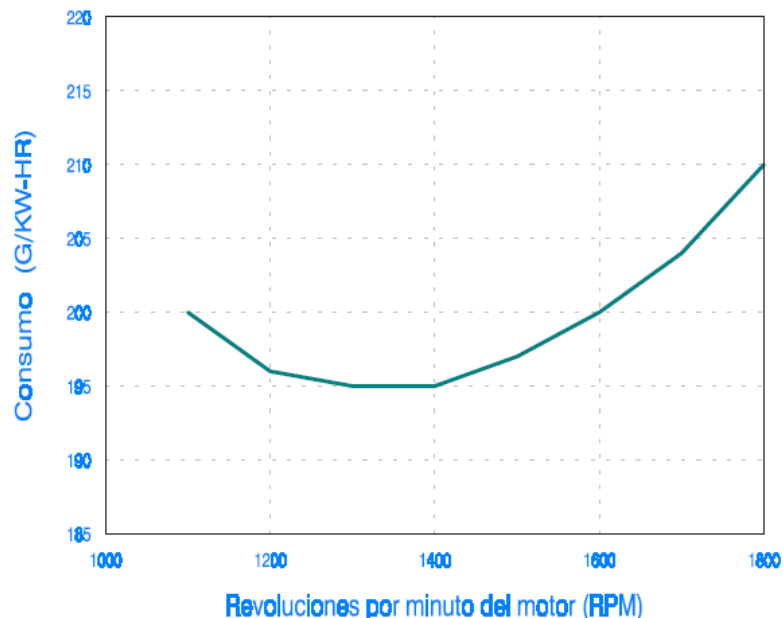


Figura 8: Curva de consumo especifico de combustible. [2]

3.2.2 Embrague.

La misión del embrague es de la cortar o transmitir el giro del motor a la caja de cambios y de allí a las ruedas, a voluntad del conductor, para que el vehículo pueda desplazarse cuando lo desee aquel o permanecer detenido con el motor en marcha, así como para efectuar el cambio de velocidad en la caja de cambios sin tener necesidad de parar el motor. El embrague debe reunir las cualidades de ser progresivo y elástico para que no se produzcan tirones ni brusquedades al ponerse en movimiento el vehículo partiendo de la posición de parado, ni cuando se varíe el régimen del motor. Aunque existen varios tipos de embragues, todos ellos pueden agruparse en

dos clases: de fricción e hidráulicos. Los primeros basan su funcionamiento en la adherencia entre dos piezas cuyo efecto produce la unión entre ellas equivale a consideraras una sola. En los embragues hidráulicos el elemento de unión es el aceite.

El embrague se coloca entre el volante del motor y la caja de cambios y se acciona por medio de un pedal que gobierna el conductor con su pie izquierdo. Con el pedal suelto, el giro del motor pasa a la caja de cambios y las ruedas, diciéndose entonces que el motor esta embragado. Cuando el conductor pisa el pedal del embrague, el giro del motor no se transmite a la caja de cambios u, en estas condiciones, el motor esta desembragado. En la posición de parcialmente embragado permite realizar una transmisión de movimiento progresiva. El embrague es, por tanto un transmisor de par motor.

Composición y funcionamiento del embrague. En la figura 9 se ha representado esquemáticamente un embrague de fricción donde puede apreciarse el volante del motor B, en el que se apoya, por mediación de un casquillo de bronce, el eje primario C de la caja de cambios.

En las estrías este eje se apoya deslizando el disco de embrague A, que tiene por sus dos caras laterales unos anillos de amianto impregnado de resina sintética y prensado en armazón de hilos de cobre, que son aplicados fuertemente contra la cara del volante por el plato de presión D, que a su vez es empujado por los muelles E, repartidos por todo el plato de presión y que por su otro extremo, se apoyan en la carcasa de embrague F, que se mantiene sujeta al volante del motor por medio de tornillos y, por ello gira con él, obligando a su vez a girar al plato de presión D, que por tanto, gira solidario del volante motor, el plato de presión D puede ser desplazado hacia la derecha por medio de las patillas H, que basculan sobre su eje de giro, todo ese conjunto se encierra en un cárter formado por el bloque motor y la caja de cambios para protegerlo del polvo.

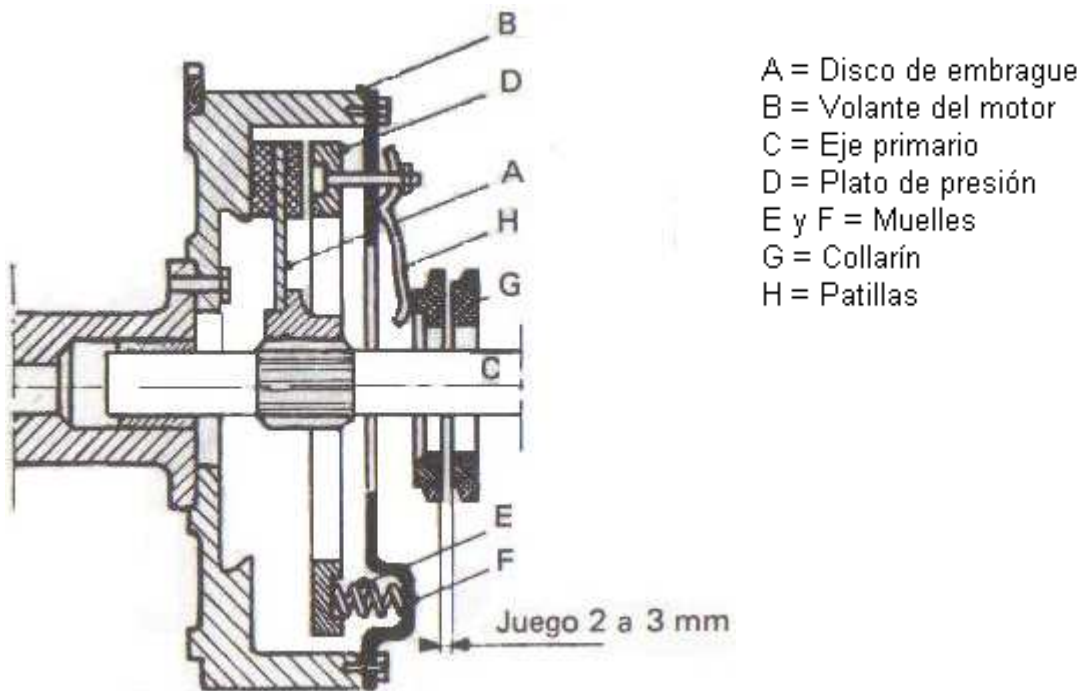


Figura 9: Embrague de fricción.

Cuando el conductor pisa el pedal del embrague, un mecanismo de varillas y articulaciones desplaza a la izquierda el collarín de embrague G (en la mayoría de los casos, un cojinete axial), que a su vez mueve las patillas H, que basculando sobre su eje de giro, tiran por su otro extremo del plato de presión D, que se desplaza hacia la derecha venciendo la acción de los muelles E. El desplazamiento del plato de presión hace que el disco A quede en libertad y, por ello, se desconecta del volante B y deja que el motor siga girando, este giro no se transmite al disco, por lo que el movimiento no llega a la caja de cambios.

Si el conductor suelta el pedal del embrague, el collarín G, se desplaza hacia la derecha por mediación del mecanismo de varillas, en estas condiciones, los muelles E empujan hacia la izquierda el plato de presión D, que puede desplazarse porque el collarín G no ejerce presión en las patillas H. El apriete del plato D hace que el disco A quede aprisionado entre él y el volante B. Debido a esta presión y al material de elevada adherencia de que están hechos los forros del disco, se efectúa una unión rígida entre el volante y el disco, por lo que el giro de aquél es transmitido a éste, que a su vez hace girar al eje primario C al que está unido por estrías, pasando así el giro de este eje a la caja de cambios de donde sale para las ruedas.

En la actualidad los embragues del tipo de muelles como el representado en la figura 9, han sido sustituidos por los de diagrama, como el representado en la figura 10 donde puede verse

que el diafragma lo constituye un disco de acero especial con forma cónica, dotado de unos cortes radiales, cuya elasticidad causa la presión necesaria para aplicar la maza contra el disco.

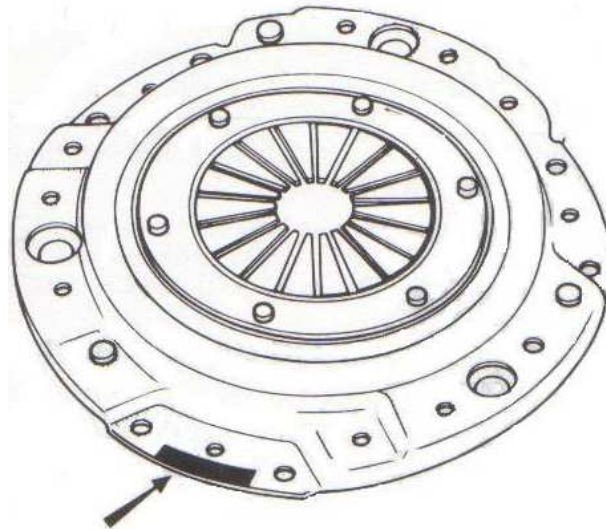


Figura 10: Disco de embrague de acero especial en forma cónica.

En la figura 11 se muestra un esquema de este tipo de embrague, donde puede verse que el diagrama A se une en su periferia a la maza de embrague B, fijándose a la carcasa C en varios puntos D. En la posición de reposo, el diafragma se fuerza para montarlo casi plano. Por lo que al tratar de recuperar su forma cónica, la elasticidad de la membrana oprime el disco de embrague por medio de la maza, contra la cual esta aplicada. Cuando el conductor realiza la maniobra del embrague, el tope T se desplaza a la izquierda, empujando al diafragma de su centro hacia este mismo lado, con lo cual basculando en los puntos de unión a la carcasa, se desplaza de su periferia hacia la derecha, invirtiéndose la posición de su conicidad y dejando de ejercer presión sobre la maza de embrague con la cual, el disco queda en libertad.

El diafragma presenta importantes ventajas con respecto a los muelles de entre las que podemos destacar:

- a. Resulta más sencillo de construcción.
- b. La fuerza ejercida sobre el plato de presión esta más uniformemente repartida
- c. Es más fácil de equilibrar el embrague.
- d. Se requiere un menor esfuerzo en la acción de desembragado.

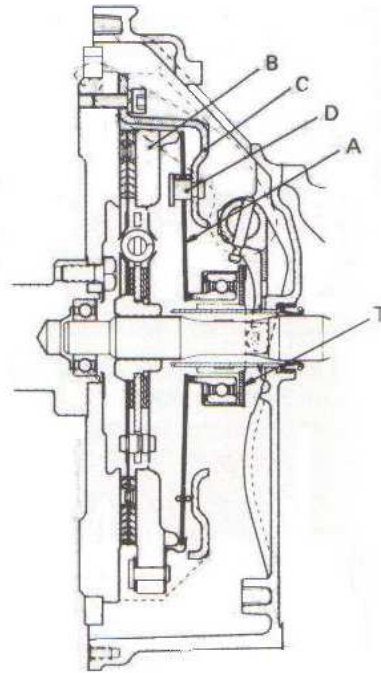


Figura 11: Embrague en posición de reposo.

Disco de embrague. Como el disco de embrague debe transmitir a la caja de cambios y a las ruedas todo el esfuerzo de rotación del motor, sin que se produzcan resbalamientos, se comprende que sus forros deben ser de un material que se adhiera fácilmente a las superficies metálicas y sea muy resistente al desgaste por frotamiento y al calor. El más empleado es el llamado “*ferodo*”, que se sujeta al disco por medio de remaches, cuyas cabezas quedan incrustadas en el mismo ferodo por medio de avellanados practicados en él, para evitar que rocen con el volante del motor y el plato de presión, a los que podrían dañar.

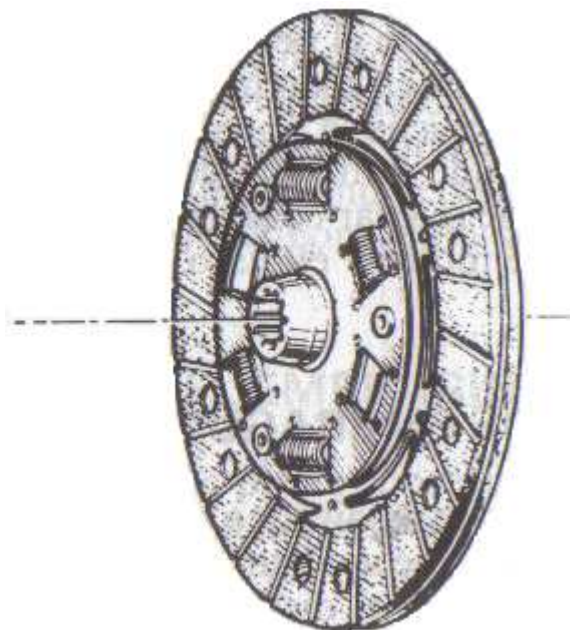


Figura 12: Disco de embrague.

Para dar flexibilidad al acoplamiento del disco al volante al embragar y hacer la unión progresivamente para que no se produzcan “tirones” en la marcha debidos a los distintos regímenes del motor, se dispone la constitución del disco que se representa en la fig. (13) en la que puede verse que el manguito estriado A, que se monta en el eje primario, se une al disco B por medio de los muelles C repartidos por el disco. El disco B lleva unos cortes radiales D en toda su periferia y cada una de las lengüetas E se doblan en uno y otro sentido A, este disco B se unen los forros F por medio de remaches, como ya se dijo.

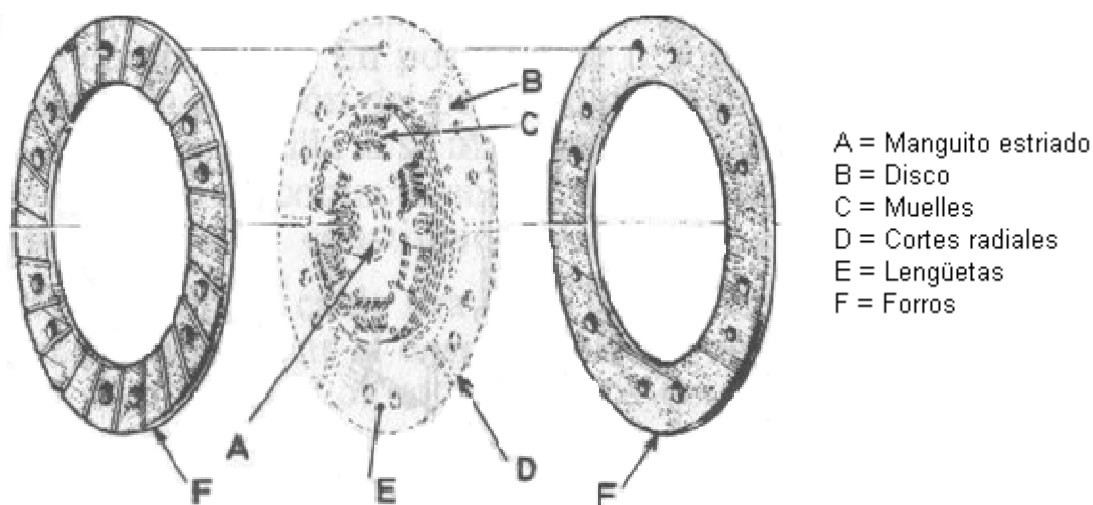


Figura 13: Constitución del disco de embrague.

Constituido así el disco, cuando el conductor suelta el pedal del embrague el apriete contra el volante se realiza progresivamente, debido a la flexibilidad de las lengüetas E, dobladas unas en sentido contrario de las otras. El giro del volante del motor no se transmite bruscamente al eje primario, pues estando este eje parado, cuando el volante comienza a arrastrar al disco B, los muelles C actúan de amortiguadores, ya que el manguito estriado A tiende a quedarse quieto, por estarlo el eje primario al que va unido por estrías.

No obstante, a pesar de esta disposición del disco, la operación de embragar deberá realizarse lentamente, para que al principio exista resbalamiento entre el volante del motor y el disco de embrague, con el fin de que el movimiento de aquel se transmita progresivamente a las ruedas, pues si se pretende transmitir bruscamente este movimiento (por ejemplo soltando el pedal del embrague bruscamente estando el vehículo detenido con el motor en marcha), se producirá el “calado” del motor, es decir, que se podría apagar el motor, pues es mucha la

potencia que debe desarrollar para empezar a mover al vehículo venciendo la inercia debida a su peso. Una vez el vehículo en movimiento, el pedal debe quedar completamente suelto, para que no exista resbalamiento entre volante motor y el disco de embrague.

El embrague es un mecanismo que permite transmitir el torque del motor para poner un vehículo o una máquina en movimiento por medio de discos de fricción desde un miembro que es el impulsor (volante del motor) a un impulsado (transmisión). [8]

3.2.3 Transmisión.

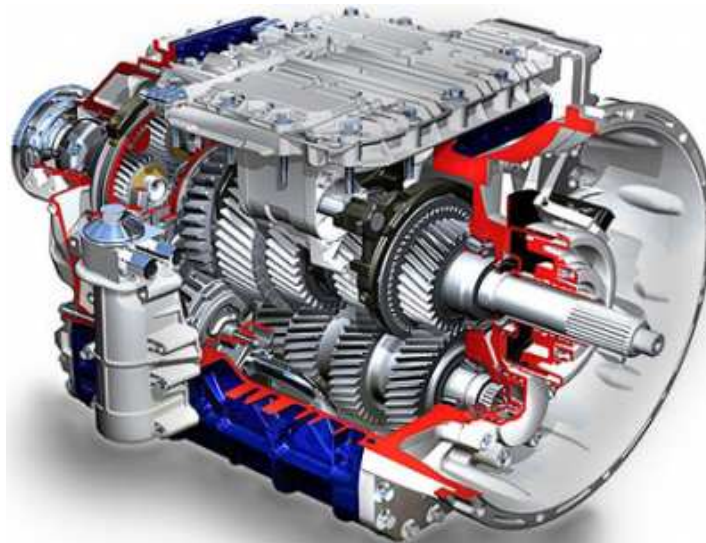


Figura 14: Transmisión. [9]

En los vehículos, la **caja de cambios** o **caja de velocidades** (suele ser llamada sólo **caja**) es el elemento encargado de acoplar el motor y el sistema de transmisión con diferentes relaciones de engranes o engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas. El resultado en la ruedas de tracción generalmente es la reducción de velocidad de giro e incremento del par.

En función de que la velocidad transmitida a las ruedas sea mayor, la fuerza disminuye, suponiendo que el motor entrega una potencia constante: dado que potencia es trabajo por unidad de tiempo y, a su vez, trabajo es fuerza por distancia, una distancia mayor (derivada de la mayor velocidad) tiene por consecuencia una fuerza menor. De esta manera la caja de cambios permite que se mantenga la velocidad de giro del motor, y por lo tanto la potencia y par más adecuado a la velocidad a la que se desee desplazar el vehículo.

La caja de cambios tiene la misión de reducir el número de revoluciones del motor e invertir el sentido de giro en las ruedas, cuando las necesidades de la marcha así lo requieren. Va acoplada al volante de inercia del motor, del cual recibe movimiento a través del embrague, en transmisiones manuales; o a través del convertidor de par, en transmisiones automáticas. Acoplado a ella va el resto del sistema de transmisión.

Constitución de la caja de cambios. La caja de cambios está constituida por una serie de ruedas dentadas dispuestas en tres árboles.

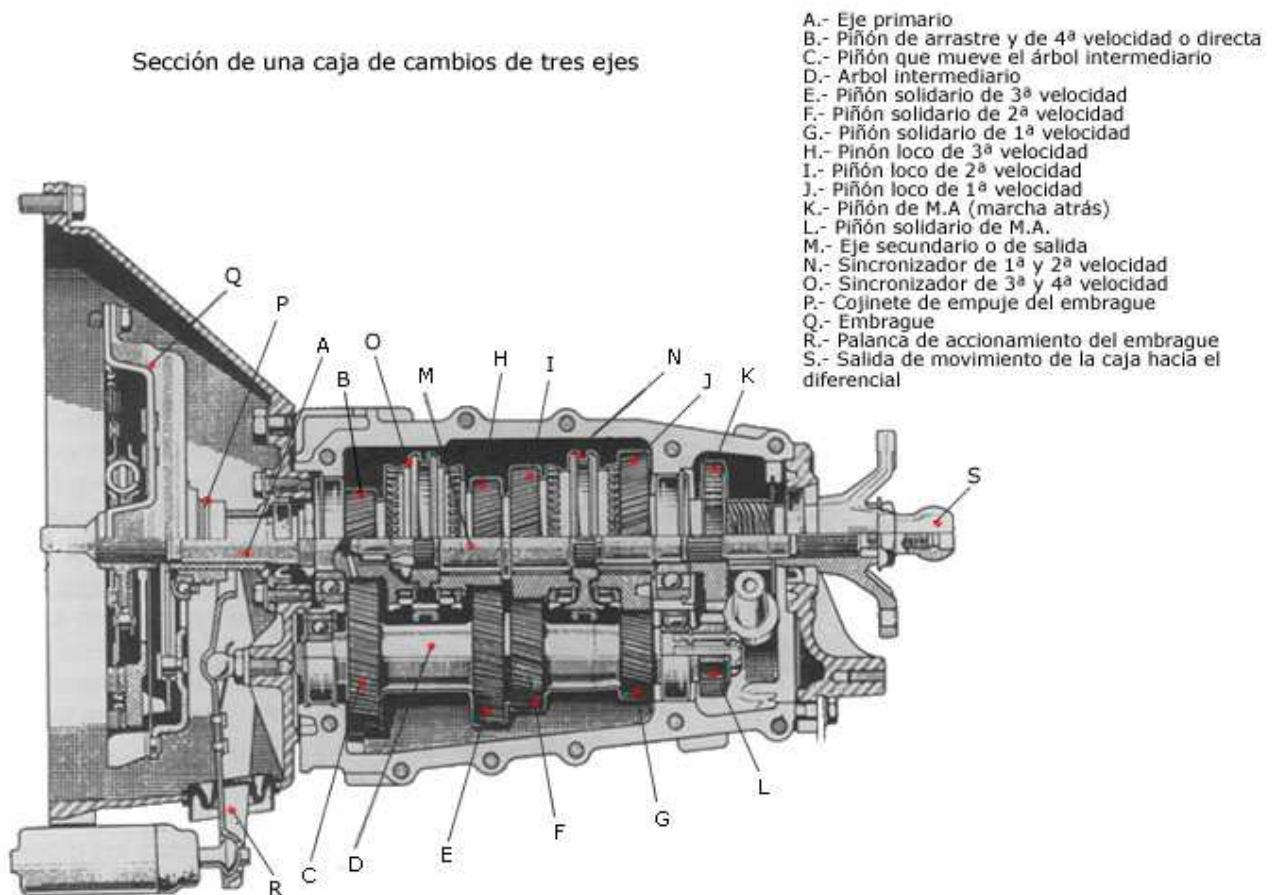


Figura 15: Sección de una caja de cambios de tres ejes. [10]

- Árbol primario. Recibe el movimiento a la misma velocidad de giro que el motor. Habitualmente consta de un único piñón.
- Árbol intermedio o intermediario. Es el árbol transmisor. Consta de una corona que engrana con el árbol primario, y de varios piñones (habitualmente tallados en el mismo árbol) que pueden engranar con el árbol secundario en función de la marcha seleccionada.

- **Árbol secundario.** Consta de varias coronas con libertad de movimiento axial en el árbol, pero sin libertad de movimiento en sentido tangencial (por un sistema de nervados o de chaveteros). La posición axial de cada rueda es controlada por la palanca de cambios y determina qué par de ruedas engrana entre el secundario y el intermediario. Cuando se utilizan sincronizadores, el acoplamiento tangencial puede liberarse en función de la posición axial de estos y las ruedas dentadas no tienen libertad de movimiento axial.
- **Eje de marcha atrás.** Dispone de una rueda loca que se interpone entre los árboles intermediario y secundario para invertir el sentido de giro habitual del árbol secundario. Para poder engranar el eje de marcha atrás, normalmente se utiliza un dentado recto, en lugar de un dentado helicoidal.

Todos los árboles se apoyan, por medio de cojinetes, en la carcasa de la caja de cambios, que suele ser de fundición gris, aluminio o magnesio y sirve de alojamiento a los engranajes, dispositivos de accionamiento y en algunos casos el diferencial, así como de recipiente para el aceite de engrase.

En varios vehículos como algunos camiones, vehículos agrícolas o automóviles todo terreno, se dispone de dos cajas de cambios acopladas en serie, mayoritariamente mediante un embrague intermedio. En la primera caja de cambios se disponen pocas relaciones de cambio hacia delante, normalmente 2, (directa y reductora); y una marcha hacia atrás, utilizando el eje de marcha atrás para invertir el sentido de rotación.

La lubricación puede realizarse mediante uno de los siguientes sistemas:

- Por barboteo.
- Mixto.
- A presión.
- A presión total.
- Por cárter seco.

Clasificación de las cajas de cambio. Existen varios tipos de cajas de cambios y diversas maneras de clasificarlas. Hasta el momento en que no se habían desarrollado sistemas de control electrónico la distinción era mucho más sencilla e intuitiva ya que describía su construcción y funcionamiento. En tanto que se han desarrollado sistemas de control electrónico

para cajas se da la paradoja que existen cajas manuales con posibilidad de accionamiento automatizado (por ejemplo Alfa Romeo) y cajas automáticas con posibilidad de intervención manual. La clasificación en función de su accionamiento es una de las clasificaciones aceptadas por un mayor número de autores:

Manuales o mecánicas. Tradicionalmente se denominan cajas mecánicas a aquellas que se componen de elementos estructurales (carcasas y mandos) y funcionales (engranajes, ejes, rodamientos, etc.) de tipo mecánico. En este tipo de cajas de cambio la selección de las diferentes velocidades se realiza mediante mando mecánico, aunque éste puede estar automatizado.

Los elementos sometidos a rozamiento ejes, engranajes, sincronizadores, o selectores están lubricados mediante baño de aceite -específico para engranajes- en el cárter, aislados del exterior mediante juntas que garantizan la estanqueidad.

Los acoplamientos en el interior se realizan mediante mecanismos compuestos de balancines y ejes guiados por cojinetes. El accionamiento de los mecanismos internos desde el exterior de la caja y que debería accionar un eventual conductor- se realizan mediante cables flexibles no alargables o varillas rígidas.

Las distintas velocidades de que consta la caja están sincronizadas. Esto quiere decir, que estas disponen de mecanismos de sincronización que permiten igualar las velocidades de los distintos ejes de que consta la caja durante el cambio de una a otra.

La conexión cinemática entre el motor y la caja de cambios se realiza mediante el embrague.

Dentro de este grupo se encuentra la caja de cambios manual automatizado de doble embrague DSG -en alemán Direkt Schaltgetriebe- del Grupo Volkswagen que permite el funcionamiento manual y automático además de obtener una velocidad de transmisión entre marchas muy superior al contar con la presencia de dos embragues encargado uno de las marchas pares y el otro de las impares (y marcha atrás).

Automáticas. La caja automática es un sistema que, de manera autónoma, determina la mejor relación entre los diferentes elementos, como la potencia del motor, la velocidad del vehículo, la presión sobre el acelerador y la resistencia a la marcha, entre otros. Se trata de un

dispositivo electro hidráulico que determina los cambios de velocidad; en el caso de las cajas de última generación, el control lo realiza un calculador electrónico. Mientras que la caja mecánica se compone de engranajes –su nombre en inglés, gearbox, significa justamente caja de engranajes–, la caja automática funciona con piñones, que conforman el tren epicycloidal.

Carcasa. Poseen una carcasa externa (generalmente de aluminio) cuya finalidad es la protección de los mecanismos internos como la permanente lubricación ya que esta alberga aceite para su permanente lubricación. En determinadas ocasiones ésta se puede romper debido al impacto de un elemento externo o debido a la rotura de un engranaje. En tal caso ésta se debe soldar nuevamente para su correcto funcionamiento. La soldadura se realiza con un equipo TIG con material de aporte en una atmosfera de argón. [11]

La transmisión o caja de cambio de velocidades es la parte del tren motriz que aprovecha el torque y las revoluciones por minuto que desarrolla el motor para modificarlos mediante una serie de engranes y transmitirlos a las ruedas motrices, permitiendo al vehículo desarrollar una variedad de velocidades. La información respecto a las relaciones de la transmisión se obtiene de las fichas técnicas del fabricante del vehículo o de la transmisión.

La transmisión y el diferencial proporcionan la relación de engranes necesarios para utilizar de manera efectiva la potencia del motor. Por lo que la selección cuidadosa de la relación de engranes hace posible alcanzar la operación del motor dentro de su rango de trabajo para maximizar el desempeño al menor costo. La máxima eficiencia del rango de trabajo para algunos motores es cuando la máxima potencia es producida por litro de combustible consumido.

Algunos diseños de motores utilizan altas r.p.m. para desarrollar la potencia máxima y requieren una correcta relación de engranes para reducir las altas r.p.m. requeridas para las velocidades del camino.

Con motores de bajas r.p.m., la relación de engranes de la transmisión debe mantener las r.p.m. del motor cerca del torque pico para la eficiente operación del vehículo. Para la selección de la relación de engranes para el acoplamiento de la transmisión con el eje trasero es conveniente considerar lo siguiente:

- Seleccionar la relación correcta de engranes a través de la experiencia del desempeño de las unidades bajo condiciones similares a las requeridas.

- Las relaciones de los engranes deberán ser numéricamente lo suficientemente rápidos para asegurar la velocidad deseada durante la operación en autopistas. La velocidad límite se deberá alcanzar cerca del 90% de la velocidad gobernada del motor.
- La relación de engranes deberá ser numéricamente baja para proporcionar un máximo desempeño con combinaciones de engranes menores, y una arrancabilidad (*startability*) bajo todas las condiciones de operación. Para arrancar un vehículo sobre terreno plano, se requiere una reducción suficiente que permita negociar una pendiente del 10%. Para arrancar un vehículo sobre una pendiente se requerirá una reducción que permita arrancar la unidad equivalente al 10% más la reducción requerida para negociar la pendiente deseada. La reducción total del engrane bajo en el tren de engranes es equivalente al producto del menor engrane en cada componente.
- El número de relaciones requeridas para acelerar progresivamente el vehículo de manera fácil y rápida, cuando se encuentra cargado, deberán tener la misma diferencia una de otra, es decir estar igualmente espaciadas y no sobreponerse.
- El paso ideal entre los engranes debe estar entre el 18 y 20% entre cada paso. La relación de paso representa el porcentaje de separación de los engranes entre los pasos del engrane.

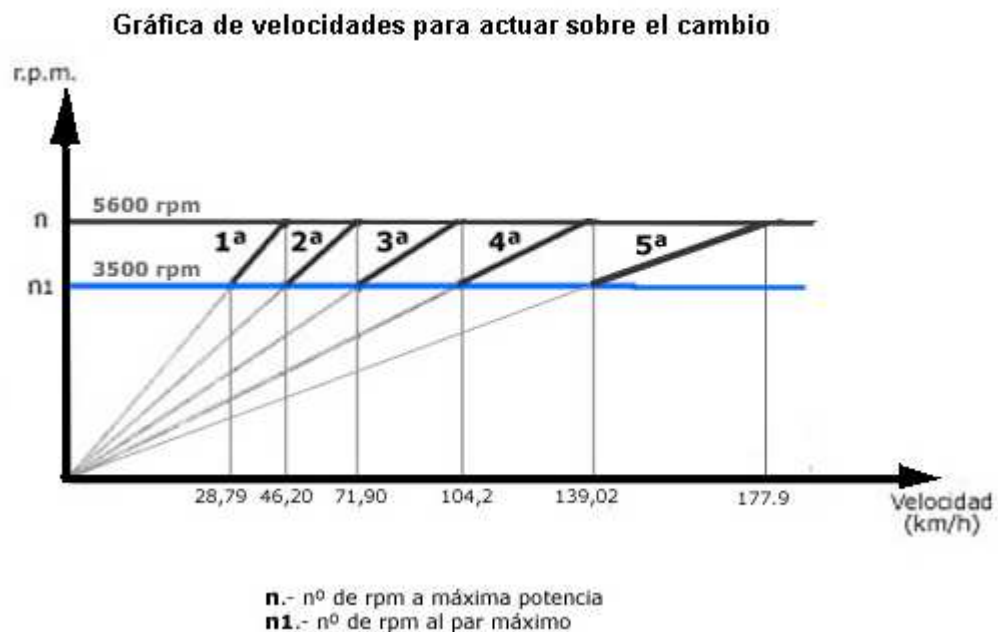


Figura 16: Gráfica de velocidades para actuar sobre el cambio. [10]

Para lograr una flexibilidad ideal en la operación del vehículo, las relaciones que se seleccionen deben proporcionar una caída (disminución rápida) en las r.p.m. del motor entre la velocidad gobernada y las r.p.m. de la parte baja del cambio, estas r.p.m. son las requeridas para alcanzar el cambio del siguiente engrane durante los cambios progresivos.

El rango ideal de caída de las r.p.m. se presenta entre las 300 y 500 r.p.m., para un cambio adecuado. La caída excesiva de r.p.m. entre cambios, demora y complica los cambios provocando que el vehículo pierda momento (torque). Las r.p.m. del motor deberán ser mantenidas durante su operación.

La característica principal de una transmisión, además de la relación de cada velocidad, es que permita el escalonamiento de las mismas cuando se realizan los cambios. A esto se le denomina *diagrama de velocidades*. Este diagrama indica la velocidad máxima alcanzable y el número de revoluciones por minuto en las cuales se logra dicho valor.

Para seleccionar adecuadamente una caja de velocidades, se tienen que considerar los siguientes aspectos:

- Que la velocidad máxima permitida, para cada posición de la caja de velocidades se logre con un 90 por ciento de las r.p.m. máximas permitidas, de tal forma que siempre exista una potencia de reserva del motor que evite un desgaste prematuro.
- Esto es, la velocidad máxima permitida debe alcanzarse dentro del rango de mínimo consumo específico de combustible del motor. El análisis de patrón de cambios de velocidades [*shift pattern*], se realiza a través del diagrama de velocidades con el fin de observar el comportamiento de la transmisión, logrando que todos los cambios de engranes de la transmisión se realicen dentro del rango de mínimo consumo específico de combustible del motor.
- Que la velocidad de cruce que se necesita se obtenga siempre en un rango entre las 1200 y 1600 r.p.m., correspondiendo al consumo promedio más bajo, con el propósito de ahorrar combustible y dar mayor vida al motor que resulta de esta forma menos revolucionado.
- Que la última velocidad presente un coeficiente de reducción (o desmultiplicación) que no castigue de sobremanera la velocidad promedio, de tal

forma que el operador la use y así obtenga los mejores rendimientos en los recorridos que permita el uso de esta velocidad.

- Lograr con la última relación de caja y sobre carreteras planas o autopistas, una velocidad que corresponda al límite legal y que permita al motor girar alrededor del régimen de consumo mínimo.
- Permitir subir las pendientes más fuertes con una velocidad aceptable. La transmisión influye directamente sobre la capacidad de arranque en pendiente del vehículo, debido a la relación de paso del primer engrane o marcha, una relación de paso numéricamente baja tendrá como consecuencia baja capacidad de arranque, lo cual es importante en terreno montañoso como es el que se presenta en las sierras.
- Otra característica asociada con la transmisión es la capacidad de ascenso del vehículo, ya que una transmisión mal seleccionada cuando la unidad se encuentra a plena capacidad de carga, puede hacer que el régimen del motor disminuya al grado de no permitir el avance del vehículo.

Existen transmisiones con sobremarcha (*overdrive*) que permiten operar al vehículo dentro de la velocidad crucero, controlando la velocidad del motor más eficientemente.

El uso de la sobremarcha se está haciendo de uso común para las operaciones de los vehículos basadas en la disminución de la carga de la unidad en regresos en vacío o parcialmente cargados.

La sobremarcha no deberá ser usada como un cambio operando bajo condiciones de cargas normal y condiciones normales de operación.

La vida de una transmisión se ve afectada por el uso inadecuado de la sobremarcha como es el caso de operación con cargas pesadas o en combinación con la relación del diferencial bajo. Se recomienda el uso de la sobremarcha solamente cuando se puedan mantener altas velocidades del vehículo y el motor pueda sostenerlas.

Por lo anterior y sabiendo que el tren motriz es un sistema dinámico en el que los elementos están íntimamente relacionados, se infiere que el elemento que proporciona las

características de operación más importantes del vehículo es la transmisión, por esta razón se le considera como base de la selección del tren motriz.[2]

3.2.4 Diferencial.

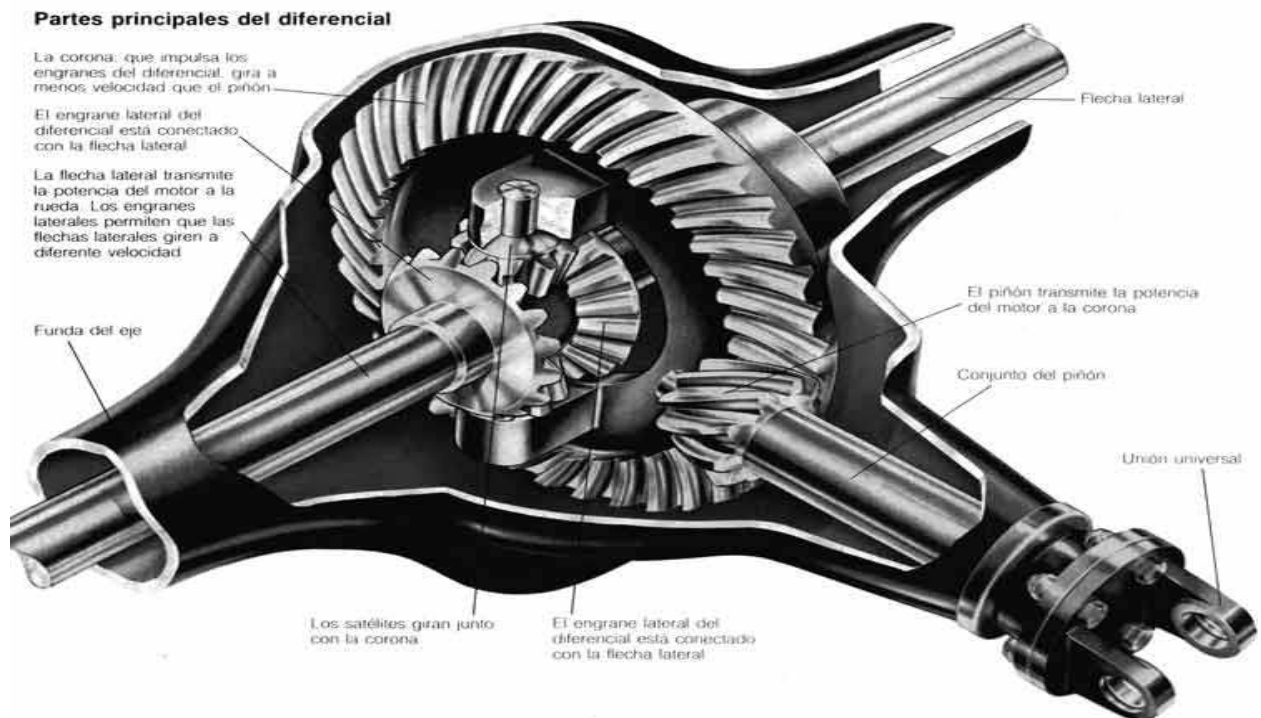


Figura 17: Diferencial

El piñón situado al final del árbol de transmisión principal, este engrana con el elemento mas grande del conjunto la corona, que a su vez contiene en su interior dos pequeños engranes llamados satélites que sostiene mediante dos soportes que permiten el movimiento de giro a los mismos, por ultimo los satélites van engranados a los engranajes laterales o planetarios, que conectan finalmente con los semiárboles de transmisión de cada rueda tractora; todo ello va resguardado por una carcasa de protección.

Respecto a su funcionamiento, para comprenderlo es necesario contemplar tres casos muy significativos:

- Cuando el vehículo circula en línea recta con las ruedas tractoras en contacto con el piso.
- Cuando una de las ruedas tractoras queda en suspensión en el aire.
- Cuando el vehículo está tomando una curva.

En el primero se necesita que las revoluciones de las ruedas tractoras sean iguales, de esta forma, teniendo en cuenta que el sentido de la marcha es de avance. El piñón (que no aparece en la imagen) gira hacia la derecha en el eje Z, haciendo que la corona lo haga igualmente hacia la derecha, pero en el eje X. Al girar la corona, los satélites (en la imagen uno solo) son volteados alrededor de dicho eje pero sin girar sobre sí mismos en el eje Y (es decir, como si estuvieran enclavados), puesto que, a través de los planetarios, tienen que arrastrar consigo a los dos semiárboles de transmisión por igual para que giren con el mismo n° de revoluciones en eje X.

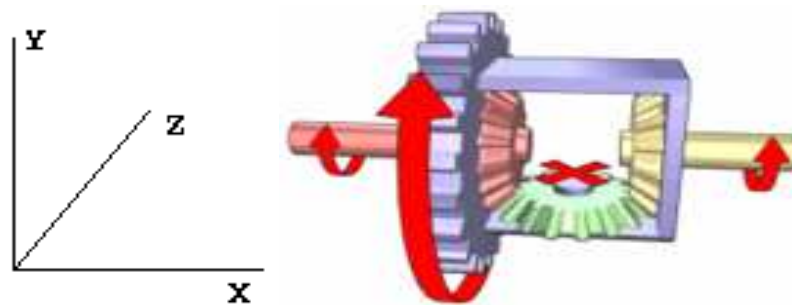


Figura 18: Circulación línea recta.

Por el contrario, en el segundo caso solamente se transmite giro a uno de los dos semiárboles, el de la rueda que queda en suspensión, ya que el diferencial *permite*, en casos extremos (como éste o, por ejemplo, cuando una de las dos ruedas tractoras pierde tracción y patina), que todo el par vaya hacia donde “menos le cuesta”, siendo éste el principal problema que presenta. De modo que el piñón y la corona hacen lo mismo que cuando el vehículo circula en línea recta, pero a partir de aquí vienen las diferencias. Como el par tiende a ir hacia el semiárbol de la rueda que queda en suspensión, el de la otra queda bloqueado. Así, mientras la corona gira hacia la derecha, los satélites circulan (mientras son volteados) alrededor del planetario del semiárbol bloqueado a la vez que giran sobre sí mismos hacia la izquierda, haciendo girar por tanto (por el efecto de engranaje) al planetario del otro hacia la derecha.

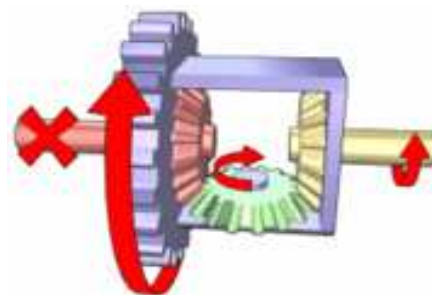


Figura 19: Circulación ruedas tractoras suspendidas en el aire.

Por último, cuando el vehículo está tomando una curva, se produce un efecto tal que, siendo la fuerza de par proveniente del motor igual en ambas ruedas, se transmite más velocidad de giro a la exterior a la curva, que es la que tiene que recorrer más distancia.

Esto se consigue simplemente con una combinación de ambas formas de funcionamiento, es decir, los satélites ruedan alrededor del planetario del semiárbol de la rueda interior a la curva, que es la que ofrece más resistencia al avance, pero en menor medida que cuando una rueda queda en suspensión, consiguiendo así desplazar estos a los dos planetarios (como en el primer caso) y, a la vez, multiplicando el giro en el planetario del semiárbol de la rueda exterior a la curva por el leve rodamiento de los mismos alrededor del otro (como en el segundo).

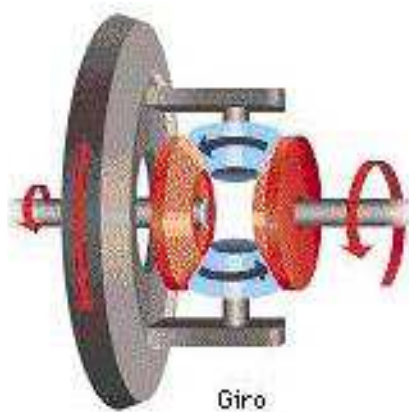


Figura 20: Circulación en curva.

Cabe destacar que existe un tipo de diferencial, llamado bloqueante, que evita el problema de funcionamiento comentado en el segundo caso, algo muy útil, por ejemplo, para la conducción todoterreno, para ello bloquean, ya sea de forma manual o automática, el efecto del diferencial, con lo que se transmitiría, mientras el bloqueo estuviera activado, el mismo giro a las ruedas de ambos lados.

El diferencial es uno de los elementos más importantes de un vehículo, crucial en el desarrollo de la automoción, y un gran desconocido para la mayoría, es esencial para un correcto comportamiento del automóvil. Sin él, éste se desestabilizaría al tomar una curva. Pues permite que las ruedas tractoras derecha e izquierda giren a revoluciones diferentes, al tener que recorrer más distancia una que otra cuando el vehículo está tomando una curva.

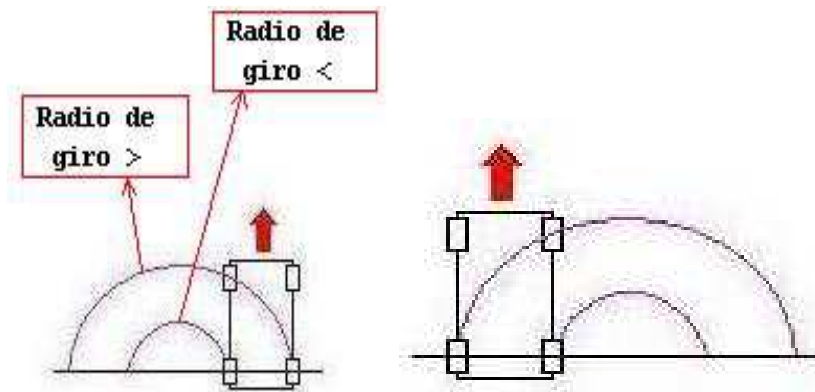


Figura 21: Radios de giro.

Proporcionando además el mismo par de fuerza proveniente del motor a ambas. Como por ejemplo:

Motor y tracción trasera. En este caso el diferencial se encuentra en la parte trasera central del vehículo, a la altura de las ruedas. A nivel mecánico está entre el árbol de transmisión principal (que a su vez sale del secundario de la caja de cambios) y los semiárboles de transmisión de cada rueda tractora

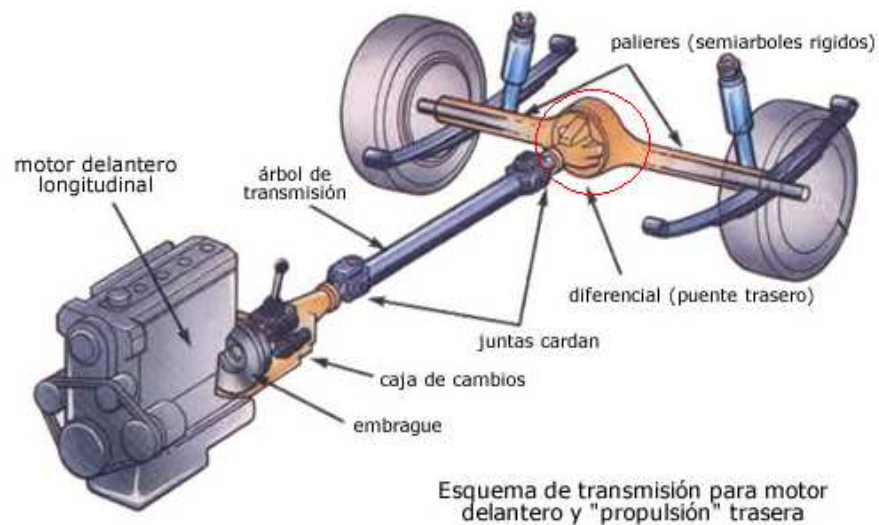


Figura 22: Motor y tracción trasera.

Motor y tracción delantera. Por el contrario, cuando el motor y la tracción son delanteros, la caja de cambios y el diferencial conforman una misma pieza, por lo tanto, éste se localiza inmediatamente a continuación del secundario de la caja (no hay árbol de transmisión principal).

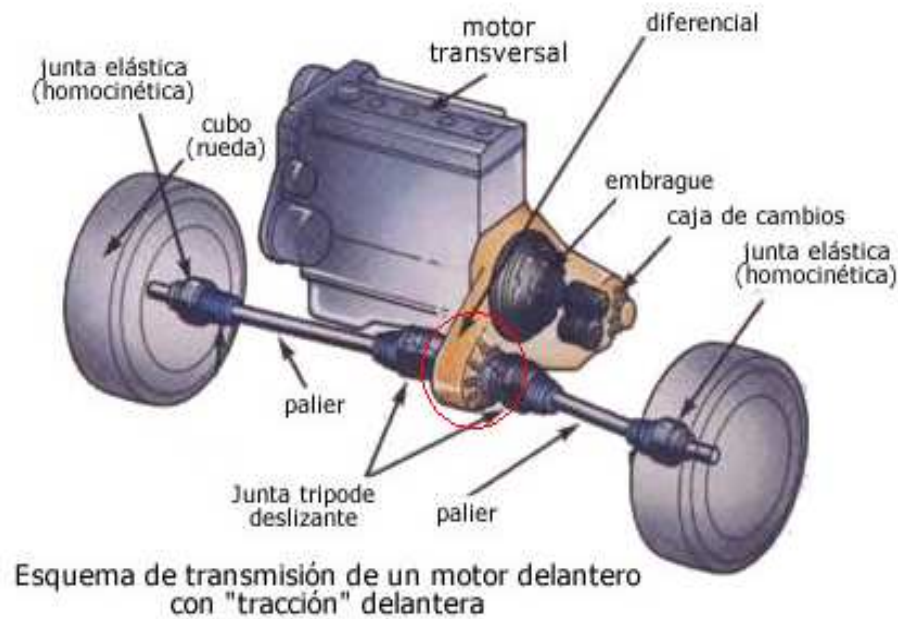


Figura 23: Motor y tracción delantera. [12]

Neumáticos. Los neumáticos de un automóvil (y el aire que los llena) constituyen el único y decisivo contacto con la carretera. Son los encargados de asegurar la adherencia en el empuje, en la frenada y en el deslizamiento lateral, la dirección del recorrido del vehículo deseada por el usuario, y la amortiguación de las imperfecciones del pavimento. Son, por lo tanto, fundamentales para la seguridad, el comportamiento y la comodidad.

A pesar de la importancia que revisten sus funciones, pocas personas se preocupan de forma adecuada de su mantenimiento y utilización correcta, ni se poseen los conocimientos mínimos para establecer criterios fiables a la hora de la elección de unos nuevos neumáticos.

Estructura de un neumático. El neumático está constituido por una estructura interna resistente, carcasa, formada por finos hilos de acero incrustados en goma, y telas superpuestas y entrecruzadas o bien dispuestas en sentido radial realizadas en fibra de nylon, rayón, poliéster, etc.

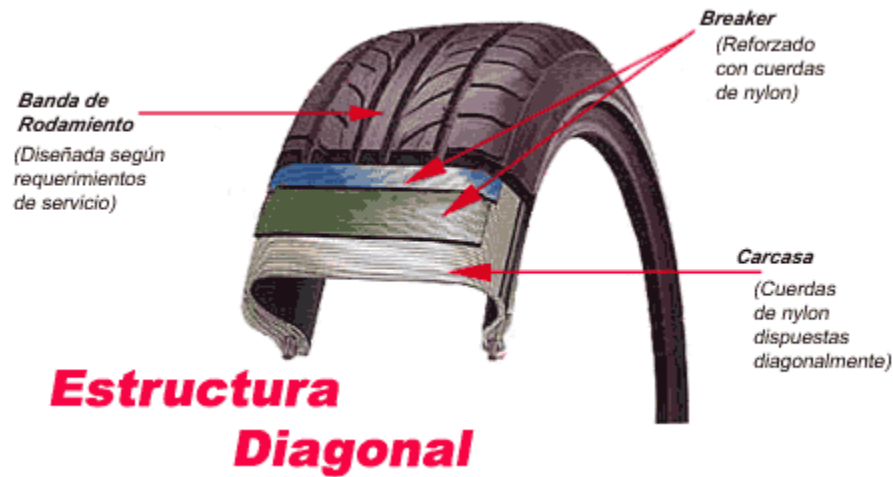


Figura 24: Estructura diagonal de un neumático.

El poliéster es la tela más común que se emplea. Proporciona buena adherencia de la goma, resistencia y flexibilidad excelente y buena disipación de calor, con un peso relativamente bajo.

Los neumáticos radiales pueden usar una sola tela sobre la cual están situados una serie de cinturones de acero dispuestos en circunferencias.

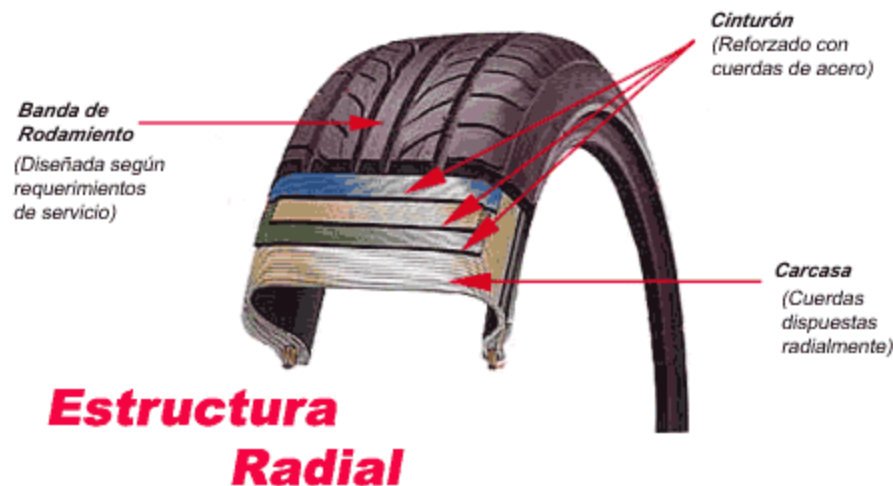


Figura 25: Estructura radial de un neumático.

La parte que contacta con el suelo es la banda de rodadura o rodamiento, formada generalmente por dos compuestos de goma especial tallada con diversos relieves (dibujo) que asegura el agarre, duración, drenaje de agua, así como la fijación a la carcasa y la evacuación de

1.- Características generales del neumático:

Tamaño, perfil, tipo de neumático y tamaño de la llanta.

Por ejemplo: P215/65 R15

- **P.-** Significa pasajero, es decir, es un neumático de automóvil de turismo. En neumáticos europeos se omite. Si aparece LT se trata de un vehículo de carga ligero (light truck).
- **215.-** Es el ancho del neumático expresado en mm. Se mide con la presión máxima de inflado y sin carga alguna.
- **65.-** Indica que la altura del neumático es el 65% de la anchura.
- **R.-** Significa neumático radial. Si la marca fuese una B significa que el neumático está construido con capas circulares, y si fuese una D el neumático sería de construcción diagonal.
- **15.-** Es el diámetro de la llanta expresado en pulgadas.

2.- Descripción de la utilización:

A continuación de las anteriores marcas suele expresarse el Índice o Código de carga y el de Velocidad. Por ejemplo **89H** Indica una carga máxima de 580 (**89**) kg y velocidad máxima de 210 km/h (**H**) (Ap. 1 y 2). A partir de 1.991 es obligatoria esta marca. El Índice de Velocidad se representa mediante una letra mayúscula e indica la velocidad máxima a la cual el neumático puede transportar la carga correspondiente a su Índice de Carga bajo condiciones de servicio específicas. Los neumáticos de camionetas o camiones ligeros no se clasifican por este índice. Se aplica a todos los fabricantes y ninguno recomienda el uso del neumático, ni siquiera temporalmente, por encima de este índice. Sólo es válido para presiones y carga correctas, en neumáticos no dañados. Constituye un buen indicador de la capacidad de funcionamiento de un neumático, teniendo siempre en cuenta que el vehículo poseerá a su vez sus propias características de velocidad y utilización general. La velocidad máxima es función de la carga que soporte el neumático en el momento de su uso y de la presión en frío de aire de las ruedas, o lo que es lo mismo, la presión de las ruedas depende de la carga y de la velocidad.

El Índice de carga corresponde a la capacidad de carga de un neumático a la presión máxima de inflado en frío.

Algunos neumáticos europeos antiguos tienen el Índice de velocidad en la descripción del tamaño: P215/65 VR15.

3.- Especificaciones del entorno U.S.A.

- **D.O.T.** (Department of Transport). La marca **DOT** es como la huella digital del neumático y certifica el cumplimiento de todos los parámetros de seguridad aplicables por el Departamento de Transportes de los Estados Unidos junto a esta marca hay una combinación de números y letras con hasta once dígitos (posterior a 1.999 son 12) que identifican al fabricante, la fábrica, la talla y la **fecha de fabricación**.

Por ejemplo DOT M5H3 459X 087. En este caso lo verdaderamente importante para el usuario es la fecha de fabricación 087 que significa semana 8 del año 1.987. Si a continuación del 7 aparece un pequeño triángulo el año sería 1.997. A partir de 1.999 la fecha se indica con cuatro números 3200 sería la semana 32 del año 2000.

- **Índices U.T.Q.G.** (Clasificación uniforme de calidad del neumático).

Estas siglas corresponden a una serie de pruebas definidas por el DOT, pero realizadas por cada fabricante que son los responsables de asignar a cada neumático los índices UTQG. No se aplican a los neumáticos de relieve profundo, a los de nieve y barro, a los de repuesto temporal y a los de llanta de 12 pulgadas o menos.

Los índices o grados UTQG son Tracción, Duración (treadwear) y Temperatura. Nos darán una indicación aproximada de las características del neumático si se le compara con otros de la misma marca.

- **Índice de duración de la banda de rodadura (Treadwear)**



Figura 27: Índice de duración de la banda de rodadura.

La clasificación de durabilidad de la banda de rodadura es un número comparativo basado en su duración mediante ensayo del DOT bajo condiciones controladas en tres circuitos de prueba situados en las proximidades de la base aérea de Goodfellow en Tejas. El rango va desde 60 a 620 con incrementos de 20 puntos y la línea de base se establece en 100 al que se asigna a una duración de 48.279 Km.

La duración real es bastante menor y depende de las condiciones de uso, de la manera de conducir, estado del pavimento, el clima, etc. Esta clasificación sólo es válida para la comparación entre neumáticos dentro de una línea de fabricación del fabricante.

No es válida para comparar fabricantes. Lo que sí es cierto es que un neumático con índice 400 dura cuatro veces más que otro de índice 100, dentro de la misma línea de fabricación.

- **Índice de tracción (agarre).**

El índice de tracción de la UTQG indica la capacidad del neumático de parar un vehículo que se mueve resbalando bloqueado en línea recta sobre pavimento de prueba de asfalto y hormigón mojados. Por tanto no define la capacidad de agarre en situación de empuje del neumático, ni de esfuerzos laterales. Es independiente del índice de duración, por lo que un neumático puede durar mucho y tener poca adherencia o viceversa.

El neumático se infla a 24 psig y se carga con 492 kg, remolcándose en un aparato de prueba; se frena el neumático hasta su bloqueo y se mide la fuerza de retención.

De mejor a peor existen cuatro categorías: **AA, A, B y C.**

- **Índice de Temperatura.**



Figura 28: Índice de temperatura.

El índice de temperatura de la UTQG indica la capacidad del neumático de disipar o resistir el calor cuando se le somete a pruebas bajo condiciones controladas hechas bajo

techo. Las pruebas comienzan a la velocidad de 75 millas / hora, incrementando la velocidad de 5 en 5 hasta que el neumático falla.

El rango de categorías, de mejor a peor es: **A, B y C.**

4.- Otras marcas.

- Tipo de **material empleado** en la pared lateral y debajo de la banda de rodadura, y el número de capas (pliegues) que tiene.
- **Presión máxima** de inflado en frío, generalmente en psig, y la **carga máxima** a esa presión.
- Los neumáticos diseñados para barro y nieve (mud and snow) llevan la marca **M+S** o **M&S**.
- **Tubeless** es neumático sin cámara, y **Tubetype** con ella.
- **TWI** (treadwear indicator) situada en los bordes del neumático en correspondencia a los indicadores de desgaste. Su aparición indica que la profundidad de los relieves ha llegado al umbral límite de 1,6 mm.
- **E.** Es la homologación europea. Seguida de un pequeño número indica el país homologador, apareciendo a continuación otros números normales identificativos de la homologación. Por ejemplo **E9 02 31043** nos dice que el país es España (9). (Ap. 3). [13]

3.2 ANÁLISIS DE FUERZAS DEL TREN MOTRIZ EN VEHÍCULOS PESADOS.

3.3.1 Fuerza aerodinámica.

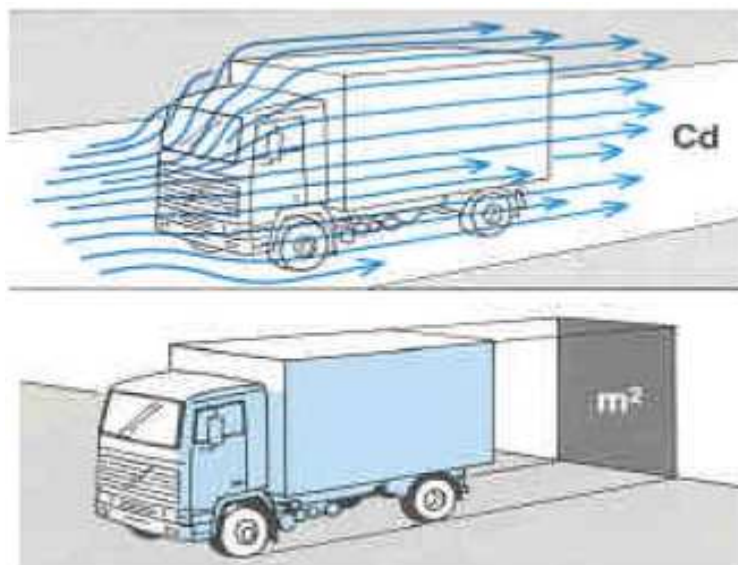


Figura 29: Fuerza aerodinámica. [14]

De todas las resistencias, ésta es sin duda la más estudiada, no solo por su importancia en cuanto al consumo del vehículo, sino por lo relacionada que está con la estética del mismo, los vehículos han ido evolucionando, buscando la disminución de la resistencia R_a . Los faros se empotraron en las aletas, evitando su propia resistencia de forma. Las ruedas se cubrieron. Los estribos desaparecieron.

Las formas prismáticas de las carrocerías que dan confort, fueron sustituyéndose por otras más aerodinámicas. En el diseño de las cabinas de los camiones se combina la menor resistencia al aire y el máximo confort en su interior.

Esta fuerza influye directamente sobre el movimiento del vehículo a través del aire, y que principalmente opone la resistencia al movimiento.

La fuerza aerodinámica es proporcional a la velocidad del vehículo y proporcional a la superficie frontal que presenta la unidad a la resistencia del aire. Es por esto, que a mayor velocidad, la fuerza necesaria para vencer esta resistencia crece drásticamente, lo que explica porqué los fabricantes buscan mejorar el coeficiente de penetración en el aire de los vehículos.

La fuerza de aerodinámica se calcula mediante la siguiente ecuación 3.3:

$$R_a = k \cdot A \cdot V^2 \text{ (kg)} \quad (3.3)$$

Donde.

R_a = Fuerza de arrastre aerodinámico [Kg].

k = Resistencia al aire.

$k = \rho C/2g$.

ρ = peso específico del aire en Condiciones normales = 1.24 (kg/m³).

C = Coeficiente de resistencia aerodinámica.

A = Área frontal (m²).

V = Velocidad en m/s.

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

El coeficiente de resistencia (C) es definido por la forma del vehículo y cómo se mueve a través del aire este valor varia desde 0.15 en vehículos para turismo con diseños aerodinámicos óptimos hasta 1.5 en camiones se recomienda tomar el valor de $C = 1$. [5]

La fuerza aerodinámica tiene un mayor impacto cuando el vehículo transita por carreteras o autopistas la mayor parte del tiempo. Es por esto que para reducir esta fuerza, cuando se selecciona un vehículo, es conveniente tomar en consideración la parte frontal que debe tener una tendencia a presentar un área frontal mínima con un perfil aerodinámico.

En camiones, cuando la carrocería sobresale por encima de la cabina, es posible reducir la resistencia mediante la instalación de un deflector en su techo, consiguiéndose ahorros medios de combustible del orden del 5% al 8%. Los deflectores deben estar homologados por el fabricante del vehículo, quien puede garantizar la reducción de consumo y al mismo tiempo, una instalación correcta, sin que altere la toma de aire del motor (cuando se hace en la parte superior trasera de la cabina), ni afecte al confort por ruidos, ni a la vida de la cabina por posibles vibraciones. [2]

Tabla 2: Valores promedio del área frontal de los vehículos de carga pesada.

| Tipo de vehículo | Peso bruto vehicular (Tn) | Área frontal (m ²) |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | categoría | |
| Camión rígido | Hasta 7.5 | 5.8 |
| | 7.5 a 12 | 6.7 |
| | 12 a 14 | 6.9 |
| | 14 a 20 | 7.4 |
| | 20 a 26 | 7.5 |
| | 26 a 28 | 7.5 |
| | 28 a 32 | 7.9 |
| | Más de 32 | 8.0 |
| Plataformas y camiones articulados | Hasta 28 | 6.9 |
| | 28 Suizo | 7.6 |
| | 28 a 34 | 7.7 |
| | 34 a 40 | 9.0 |
| | 40 a 50 | 9.0 |
| | 50 a 60 | 8.1 |
| Autobuses urbano medianos | Hasta 15 | 5.7 |
| Estándares | 15 a 18 | 6.5 |
| Articulados | Más de 18 | 6.5 |
| Articulados estándar | Hasta 18 | 7.1 |
| A 3 ejes articulados | Sobre 18 | 7.4 |

[15] Fuente: Emisiones de los vehículos pesados –Informe final de ARTEMIS WP 400. Rexeis Martin, Hausberger Stefan, Riemersma Iddo, Leonid Tartakovsky, Yoram Zvirin, Cornelis Erwin, Julio 27 de 2005. Pág. C4.

3.3.2 Fuerza por pendiente.

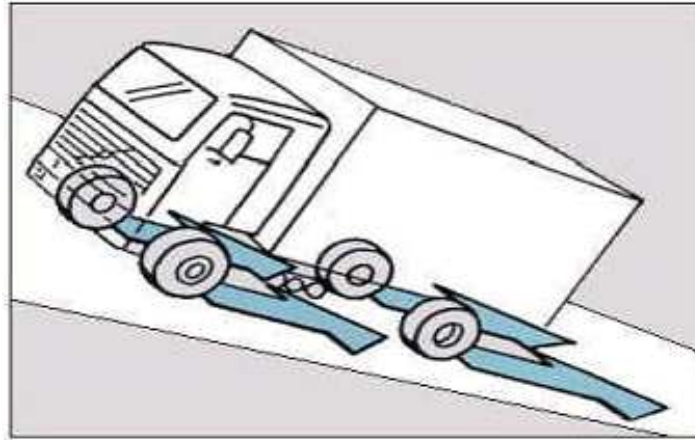


Figura 30: Fuerza por pendiente. [14]

La resistencia por pendiente es la fuerza de oposición que se ejerce sobre el vehículo por el efecto de la atracción terrestre. Esta fuerza es proporcional al seno del ángulo formado entre la carretera y una línea horizontal y al peso total de la unidad. Nada se puede hacer para vencer esta fuerza. Por lo tanto, se requiere de una fuerza equivalente, suministrada por el motor, para vencerla y permitir el avance de la unidad. [2]

Esta fuerza se calcula con la ecuación 3.4:

$$R_p = P * \text{sen}(\alpha) \quad (3.4)$$

Donde:

R_p = Fuerza debido a la pendiente, [Kg].

P = peso del vehículo, [kg].

α = ángulo entre la pendiente y el plano horizontal, [°].

Como los ángulos son pequeños, el seno y la tangente son similares, por lo que $R_p = P * \text{tang}(\alpha)$. De forma habitual, la pendiente se expresa; x en metros de subida vertical por cada 100 metros recorridos horizontal.

El valor de x varía entre 0.5 y 1.6, es decir 0.5, cuando el vehículo no supere las 4 toneladas y se tomará un valor $x=1.6$ para vehículos de transporte pesado. [16]

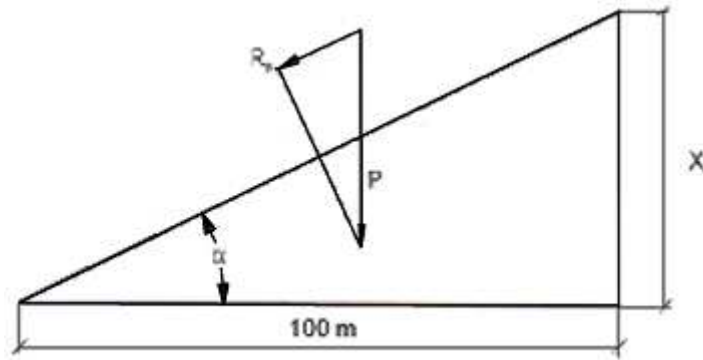


Figura 31: Análisis de fuerzas.

$$R_p = P \frac{x}{100} \quad (3.5)$$

Cuando P se expresa en toneladas y Rp en kg:

$$R_p = 1000P \frac{x}{100} \quad (3.6)$$

$$R_p = 10 * P * x \text{ (kg)} \quad (3.7)$$

Si el ángulo alfa es cero la fuerza por pendiente será cero. [5]

3.3.3 Fuerza de resistencia al rodamiento.

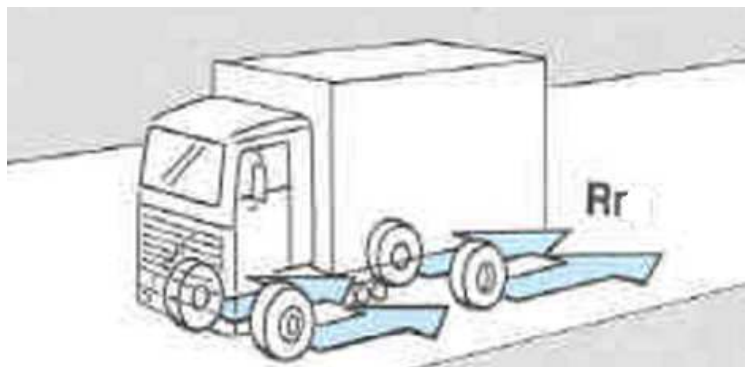


Figura 32: Fuerza de resistencia al rodamiento. [14]

Las llantas al rodar sobre el piso producen un efecto conocido como fricción, el cual produce una resistencia al rodamiento.

Esta fuerza depende del peso total de la unidad y de la presión de inflado de las llantas, así como de su coeficiente de deformación. Es por esto que ha aumentado el uso de las llantas radiales cuyo reparto uniforme de la presión de inflado garantiza minimizar el coeficiente de fricción en la carretera y como consecuencia, la fuerza de rodamiento, la cual se puede calcular mediante la ecuación 3.5: [2]

$$Rr = f * P \text{ (kg)} \quad (3.8)$$

Donde:

Rr = Fuerza de rodamiento, [Kg].

f = Coeficiente de resistencia al rodamiento, [kgf/Tn].

P = Peso del vehículo, [Tn].

El valor de f , no es constante ni independiente de la velocidad, pues influye ésta, la temperatura, estado del suelo, tipo de neumáticos (radial, etc.), radio del mismo y presión de inflado, pudiéndose de forma empírica obtener f en función de aquellos. Valores típicos de este coeficiente aparecen en la tabla número tres, aunque como valor de cálculo se suele tomar 15kg por tonelada de forma general. Para ciertos caminos o carreteras, los valores pueden llegar a ser inferiores incluso a los 12 kg/Tn señalados en la tabla número tres.

Tabla 3: Coeficiente de rodadura, según el tipo de suelo.

| Tipo de suelo | Coeficiente de rodadura kg/Tn |
|-----------------|-------------------------------|
| Asfalto | 12 |
| Hormigón | 15 |
| Adoquinado | 55 |
| Tierra compacta | 50 |
| Tierra suelta | 100 |

[5] Fuente: Ingeniería de Vehículos de Sistemas y Cálculos de Manuel Cascajosa. Pag.20.

3.3.4 Fuerza de inercia.

La resistencia por inercia se debe a un fenómeno físico conocido como la inercia de los cuerpos en rotación. Esto significa que varias partes de la cadena cinemática (árbol de leva y cigüeñal, disco de embrague, árbol de transmisión, etc.) tienen una inercia proporcional a su masa que tiende a frenar su propio movimiento de rotación. Es la razón por la cual los

fabricantes de motores desarrollan investigaciones para reducir la masa relativa de estas partes, lo que mejora sensiblemente el rendimiento de los motores. [2]

La resistencia por inercia esta originada por un incremento de velocidad esta fuerza se determina mediante la siguiente ecuación 3.6:

$$Rj = M * j = (P * \frac{j}{g}) \quad (3.9)$$

Donde:

M = Masa del vehículo.

j= Aceleración que ha de adquirir, por ejemplo, para adelantar a otro.

$$j = \frac{(V2-V1)}{t} \quad (3.10)$$

Donde:

V2= Velocidad inicial.

V1= Velocidad final.

t= Tiempo invertido para pasar de V1 a V2.

Con P en toneladas y tomando para g el valor de 10m/s².

$$Rj = \frac{1000 * P * j}{10} \quad (3.11)$$

$$Rj = 100 * P * j \quad (kg) \quad (3.12)$$

Donde:

Rj = Fuerza de inercia, [Kg].

Esta fuerza tiene gran importancia en ciclo urbano, ya que genera un alto consumo de combustible. [5]

3.4 CARACTERÍSTICAS QUE PROPORCIONA EL TREN MOTRIZ.

3.4.1 Desempeño del vehículo.

Dentro del desempeño del vehículo analizaremos los siguientes aspectos:

3.4.1.1 Capacidad de arranque en pendiente (*startability*).

Es la máxima pendiente sobre la que el vehículo puede arrancar sin reducir su desempeño, se expresa en porcentajes.

Para calcular la capacidad de arranque se utiliza la ecuación 3.9:

$$S = (Tm * Pd * Pt1 * Rv) / (10.7 * PBV) \quad (3.13)$$

Donde:

S = Capacidad de arranque en pendiente (*startability*).

Tm = Torque máximo del motor (Nm).

Pd = Paso del diferencial.

Pt1 = Paso de la transmisión en la primera velocidad.

Rv = Revoluciones de la llanta (rpm/Km). .

PBV = Peso Bruto Vehicular (kg). [2]

Tabla 4: Índice de *startability*.

| Índice de <i>Startability</i> (Unidades Métricas) | Aplicación |
|--|----------------------------------|
| 26 | Aplicación ligera (<1%) |
| 30 | Grado de pendiente general (1%) |
| 46 | Grado de pendiente moderado (2%) |
| 56 | Grado de pendiente severo (6%) |

[16] Fuente. Pdf. Selección Vehicular. Ing. Luis Adrián Fernández Ramírez. Pág.39

3.4.1.2 Capacidad de ascenso en pendiente (*Gradeability*).

Define la capacidad de un vehículo para subir una pendiente. Una transmisión mal seleccionada cuando la unidad se encuentra a su máxima capacidad de carga, puede provocar que el rendimiento del motor disminuya al grado de no permitir el avance del vehículo.

La *Gradeability* G se calcula con la ecuación 3.10.

$$G = (37.5 * Pr) / (PBV * 0.001Va) \quad (3.14)$$

Donde:

G = Habilidad de ascenso en pendiente (Gradeability).

Pr = Potencia de reserva.

Va = Velocidad aparente.

Pr está definido por:

$$Pr = P - (Prr + Pra + Pri) \quad (3.15)$$

Donde:

P = Potencia del motor.

Prr = Potencia para vencer la resistencia al rodamiento.

Pra = Potencia para vencer la resistencia aerodinámica.

Prj = Potencia para vencer la resistencia de inercia. [2]

3.4.2 Velocidad máxima.

El tren motriz debe de proporcionar una velocidad de desplazamiento máxima, de acuerdo con los límites establecidos por las autoridades, ésto de acuerdo con el tipo de servicio al que está destinada la unidad ya sea, carga o pasajeros.

Las velocidades máximas establecidas en nuestro país son las siguientes:

Determinación de límites de velocidad.- Las Jefaturas Provinciales de Tránsito y la Comisión de Tránsito del Guayas, determinarán los límites máximos de velocidad en las diferentes vías, pero de manera general se sujetarán a los límites establecidos en este Reglamento.

Límites máximos de velocidad en vías públicas.- Los límites mecánicos de velocidad vehicular en las vías públicas, con excepción de trenes y autocarriles, son los siguientes:

1. Vehículos livianos:

- a) Dentro del perímetro urbano: 50 kilómetros por hora.
- b) En vías perimetrales: 90 kilómetros por hora.
- c) En carretera: 100 kilómetros por hora.

2. Vehículos de transporte masivo de pasajeros:

- a) Dentro del perímetro urbano: 40 kilómetros por hora.
- b) En vías perimetrales: 70 kilómetros por hora.
- c) En carretera: 90 kilómetros por hora.

3. Vehículos de transporte de carga, en carretera:

- a) Camiones pesados y combinaciones de camión remolque, el límite de velocidad es de 70 kilómetros por hora.
- b) Vehículos que remolquen acoplados u otros automotores, el límite de velocidad es de 60 kilómetros por hora. [17]

3.4.3 Economía de combustible.

La selección adecuada de los componentes del tren motriz, permitirá alcanzar la velocidad normal de operación del vehículo antes señalada, en un régimen de operación del motor en donde se tenga el menor consumo específico de combustible, además de un buen desempeño del motor, además, es necesario realizar todos los cambios de velocidades de la transmisión dentro del rango de revoluciones del motor en donde se tenga el consumo mínimo de combustible.

De estudios realizados en empresas de autotransporte ha quedado demostrado que el consumo de combustible de los vehículos se ve afectado de manera importante por la forma de manejo del operador.

Sin embargo, en este contexto se han estado implementando una serie de medidas para incrementar la eficiencia del uso del combustible en los vehículos, por medio de una utilización óptima de los componentes del tren motriz. [2]

3.5 SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ DE ACUERDO AL TIPO DE CARRETERA.

3.5.1 Carreteras planas o autopistas.

Para seleccionar un tren motriz de manera óptima para vehículos que circulan el mayor tiempo sobre carreteras planas o autopistas, se tendrá que recurrir a la siguiente ecuación que permite calcular la velocidad del vehículo en función del régimen del motor, del tamaño de las llantas, de las relaciones de la caja y del paso del diferencial.

La ecuación que nos relaciona todos los factores involucrados en la cadena cinemática es:

$$V = (N * Pll * 60) / (1000 * Rc * Rd * Re) \quad (3.16)$$

Donde:

V = Velocidad del vehículo [km/h].

N= régimen del motor [r.p.m.].

Pll = Perímetro de la llanta [m].

Rc= Relación de la velocidad de la caja.

Rd = Relación (paso) del diferencial.

Re= Relación de los ejes (**Se considera 1 si no existe**).

Hay que tomar en consideración que tanto las relaciones de caja como el paso de diferencial adecuado, permitirán al operador alcanzar con la última relación de caja y sobre carreteras planas o autopistas una velocidad que corresponda al límite legal establecido, permitiendo al motor girar alrededor del régimen de consumo mínimo y además subir las pendientes más pronunciadas con una velocidad aceptable.

La relación para determinar los valores de Rc y Rd será:

$$Rc \cdot Rd = (N Pll \cdot 60) / (1000 \cdot V) \quad (3.17)$$

Donde:

Rc = Relación de la velocidad de la caja.

Rd = Relación (paso) del diferencial.

N = régimen del motor [r.p.m.].

Pll = Perímetro de la llanta [m].

V = Velocidad del vehículo [km/h].

La relación de los ejes Re para este caso se considera con un valor de uno.

El producto de $R_c \times R_d$ nos proporciona una infinidad de combinaciones posibles, las cuales se reducen debido a las ofertas que proporcionan los proveedores de transmisiones y diferenciales en el mercado, por lo que se podrá llegar a una aproximación lo más cerca posible de la combinación óptima, que permita la operación del vehículo en el régimen del motor en el que se obtenga este consumo mínimo; debido a lo cual este producto desempeña un papel importante en el cálculo donde se involucra la selección de los componentes del tren motriz.

Una vez que se tienen determinados todos los factores antes señalados, es conveniente realizar un diagrama de velocidades que permita observar el comportamiento de la velocidad del vehículo en función de cada relación de la caja. La velocidad del vehículo, para una relación de caja, es proporcional a las revoluciones (r.p.m.) a las que gira el motor, por lo que al realizar la gráfica de los valores correspondientes se tendrá una línea recta para cada relación de la caja de velocidades.

Los componentes del tren motriz serán los adecuados si en el diagrama de velocidades se logra la velocidad límite reglamentaria en el régimen del consumo mínimo.

3.5.2 Carreteras con pendientes.

En este tipo de carreteras se debe tener en cuenta lo siguiente:

Rutas más críticas. Las condiciones de los caminos por donde transitarán los vehículos son un aspecto importante, ya que dependiendo de ello se analizarán los componentes mecánicos del vehículo que se ofrecen en el mercado.

Es por esto que la definición de las rutas más críticas resulta indispensable y se debe prestar particular atención al estado de la carpeta asfáltica tal como la rugosidad y desgaste de la superficie de la carretera y a los porcentajes de pendiente ascendente máximos, ya que dependiendo del porcentaje que tiene que vencer la unidad, será el desempeño del mismo, tanto

en la capacidad de ascenso o arrancabilidad en pendiente. Estos son factores que inciden fuertemente en la determinación de los componentes del tren motriz y en la potencia requerida del motor. [2]

Tipos de terrenos. Las características de las carreteras están limitadas de acuerdo con las características topográficas del terreno que atraviesen.

En nuestro país, los terrenos se clasifican en plano, ondulado, montañoso.

a. Carretera típica de terreno plano.

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.

b. Carretera típica de terreno ondulado.

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo.

c. Carretera típica de terreno montañoso.

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes.

Tipos de pendientes. El término pendiente utilizado en una obra vial como lo son las carreteras, esta definido como la “relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos”. Diferenciándose principalmente dos tipos de pendientes, la pendiente gobernadora y la pendiente máxima.

- *Pendiente gobernadora.* La pendiente gobernadora es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para vencer un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar estos conceptos, permita obtener el menor costo de

construcción, conservación y operación. Sirve de guía a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

Es la pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud indefinida.

- *Pendiente máxima.* Es la mayor pendiente de una tangente vertical que se podrá usar en una longitud que no exceda a la longitud crítica correspondiente

En la tabla 5, Se presentan los valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas de acuerdo con el tipo de carretera. [18]

Tabla 5: Relación entre pendiente máxima (%) y velocidad de diseño.

| Tipo de Carretera | Tipo de Terreno | Velocidad del Diseño en Km/h | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|------------------------------|----|------|----|----|----|----|----|-----|-----|
| | | 25 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| CLASE I | Llano | - | - | - | - | - | - | 4 | 3 | 3 | 3 |
| | Ondulado | - | - | - | - | - | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| | Montañoso | - | - | - | - | - | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| CLASE II | Llano | - | - | - | - | 5 | 4 | 4 | 3 | - | - |
| | Ondulado | - | - | - | - | 6 | 5 | 5 | 4 | - | - |
| | Montañoso | - | - | - | 8 | 7 | 7 | 6 | - | - | - |
| CLASE III | Llano | - | - | 7 | 7 | 7 | 6 | - | - | - | - |
| | Ondulado | - | 11 | 10 | 10 | 9 | 8 | - | - | - | - |
| | Montañoso | - | 12 | 11 | 11 | 10 | - | - | - | - | - |
| CLASE IV | Llano | - | 7 | 7 | 7 | - | - | - | - | - | - |
| | Ondulado | 11 | 11 | 10 | 10 | - | - | - | - | - | - |
| | Montañoso | 14 | 13 | 13 | - | - | - | - | - | - | - |
| CLASE V | Llano | - | 13 | 13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Ondulado | 13 | 11 | 11 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Montañoso | 14.2 | 14 | 13.8 | - | - | - | - | - | - | - |

[19] MOP. Valores de diseño recomendados para carreteras y caminos vecinales de construcción. Pág. 2R.

A continuación se realizará un ejercicio donde se contempla la selección del tren motriz.

Se desea adquirir un vehículo de transporte pesado para satisfacer las siguientes necesidades:

- Peso bruto vehicular 30 Tn.
- Velocidad máxima 70 km/h, (límite de velocidad permitida en nuestro país para un vehículo de estas características).
- Tipo de carreta a transitar: Asfalto.
- Pendiente a superar: camino montañoso.
- Pendiente para arrancar con una aceleración de 0 a 15km/h en 10 segundos con un valor de pendiente máximo en nuestro país de 14.2 %.

Cálculo de la potencia del motor.

1. Fuerza por rodadura.

$$Rr = f * P$$

$f = 12 \text{ kg/Tn}$. Coeficiente de rodadura tomado de la tabla 3.

$P = 30 \text{ Tn}$. Dato del problema.

$Rr = 360 \text{ kg}$.

2. Fuerza aerodinámica.

$$Ra = k.A.V^2$$

$k = 0.06$.

$A = 7.9 \text{ m}^2$. Valor del área frontal tomado de la tabla 2.

$V = 70 \text{ km/h}$. Dato del problema.

$Ra = 179.21 \text{ kg}$.

3. Fuerza por pendiente.

$$Rp = 10 * P * x$$

$P = \text{Peso bruto vehicular}$

$x = 1.6$. Recomendación de la referencia bibliográfica [16]

$Rp = 480 \text{ kg}$.

4. Fuerza por inercia.

$$Rj = 100 * P * j$$

P= Peso bruto vehicular

j = Aceleración

Rj= 1250 kg.

Entonces la potencia del motor es:

$$P = \sum R * V + 0.15 P \text{ [5]} \quad (3.18)$$

Se considera un 15 % más de potencia debido a los accesorios y a las pérdidas por fricción.

$$P = 299.013 \text{ HP} \cong 300 \text{ HP}$$

Con este resultado se seleccionará un motor:

Mack, modelo MP7-325M, con un número de revoluciones de 35 rps y un torque de 1200 lb.pie.

Selección de la transmisión. En la base de datos del programa AnSros Truck se seleccionará un motor que tenga un valor de potencia de 300 HP,

Cabe mencionar que el torque que entrega el motor es el mismo que ingresa la caja de cambios ya que las pérdidas por transmisión se consideran despreciables de esta manera el programa internamente selecciona la caja de cambios.

Para este ejemplo se elige una transmisión:

Eaton Fuller modelo RTLO-12913A, con 13 marchas.

Selección de los neumáticos. El programa le permite al usuario seleccionar el tipo de neumático más adecuado en función de su aplicación.

Cálculo del diferencial.

1. Relación de paso del diferencial

$$\frac{n1}{n2} \text{ [5]}$$

(3.19)

Donde:

n_1 = Número máximo de revoluciones del motor en rps.

n_2 = Número de vueltas del neumático.

$$n_2 = \frac{\text{Velocidad máxima del vehículo en m/s}}{\text{Perímetro del neumático en (m)} [5]} \quad (3.20)$$

Para ilustración de este ejemplo se ha utilizado un neumático:

BRIDGESTONE, modelo L312, codificación 345/65R22.5 con un perímetro de neumático de 3.5m.

Paso del diferencial = 6.3.

Diagrama de velocidades.

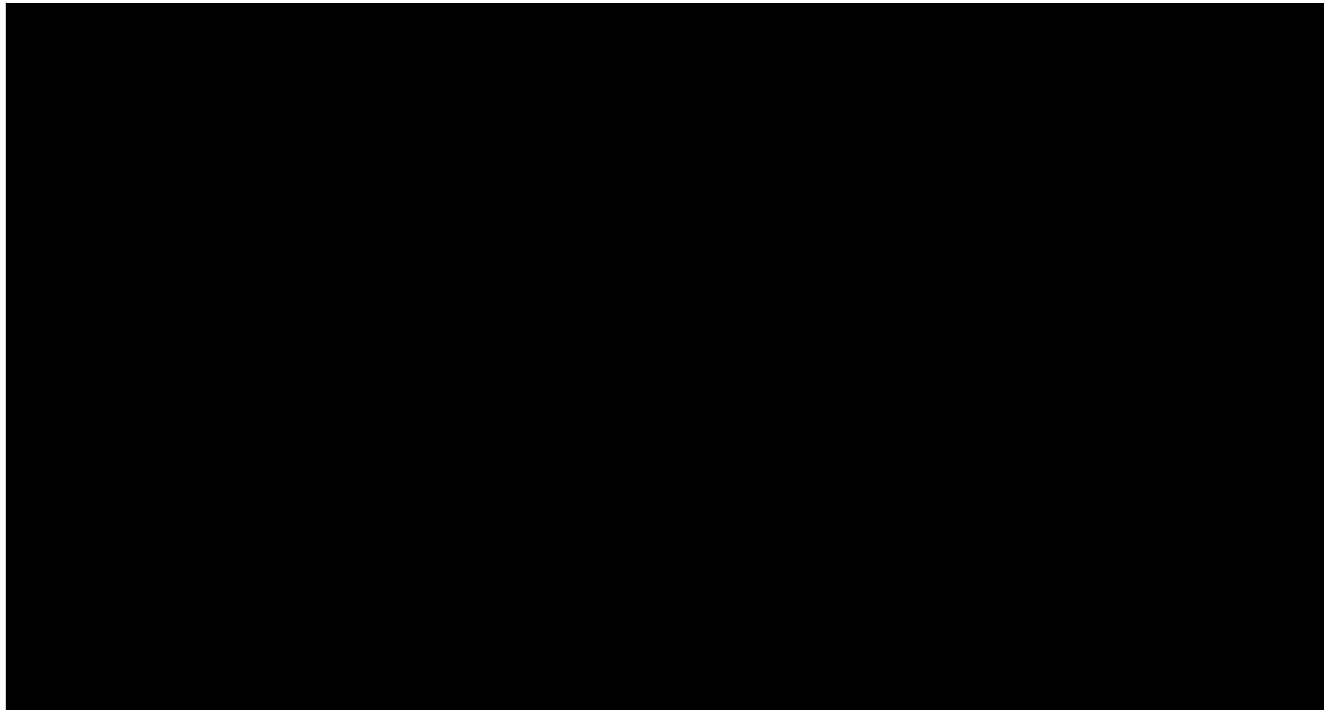


Figura 33: Cálculo de velocidades.

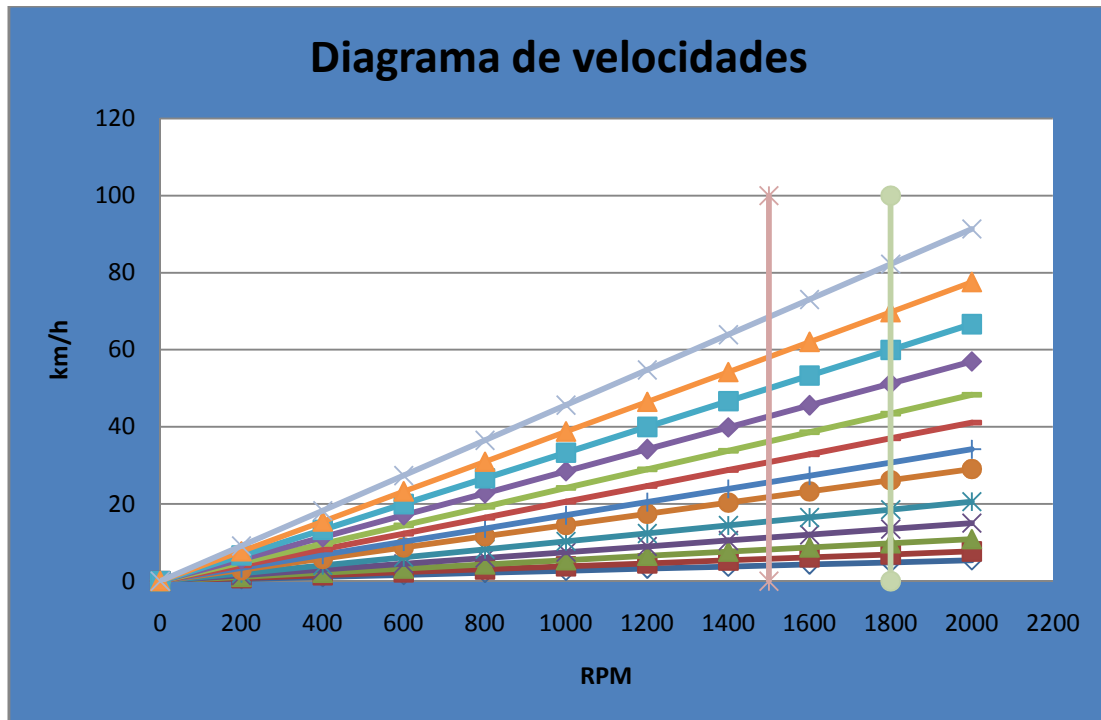


Figura 34: Diagrama de velocidades

CAPÍTULO IV.

4. DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ.

4.1 ALGORITMO DEL PROGRAMA DE SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ.

4.1.1 ALGORITMO PRINCIPAL.

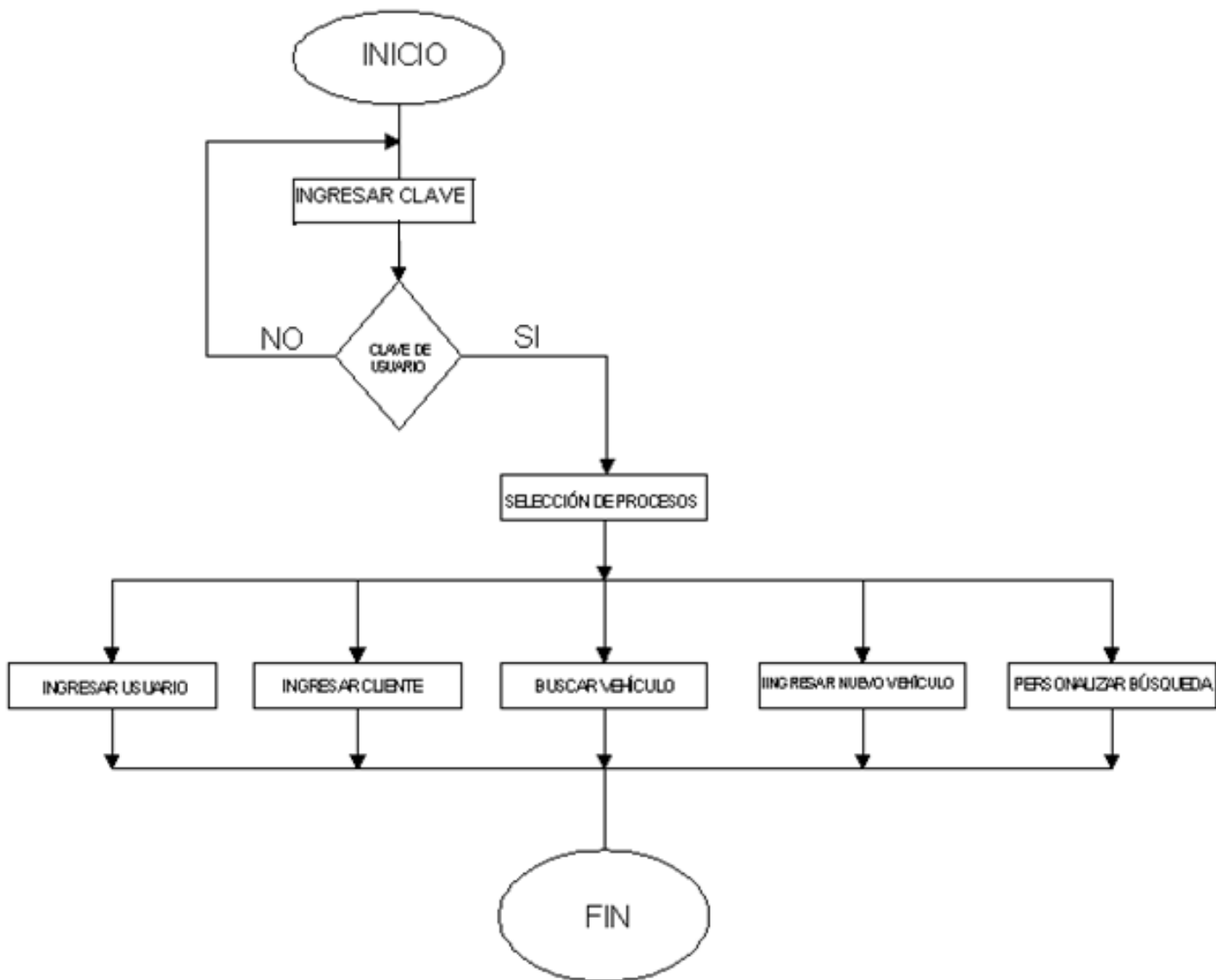
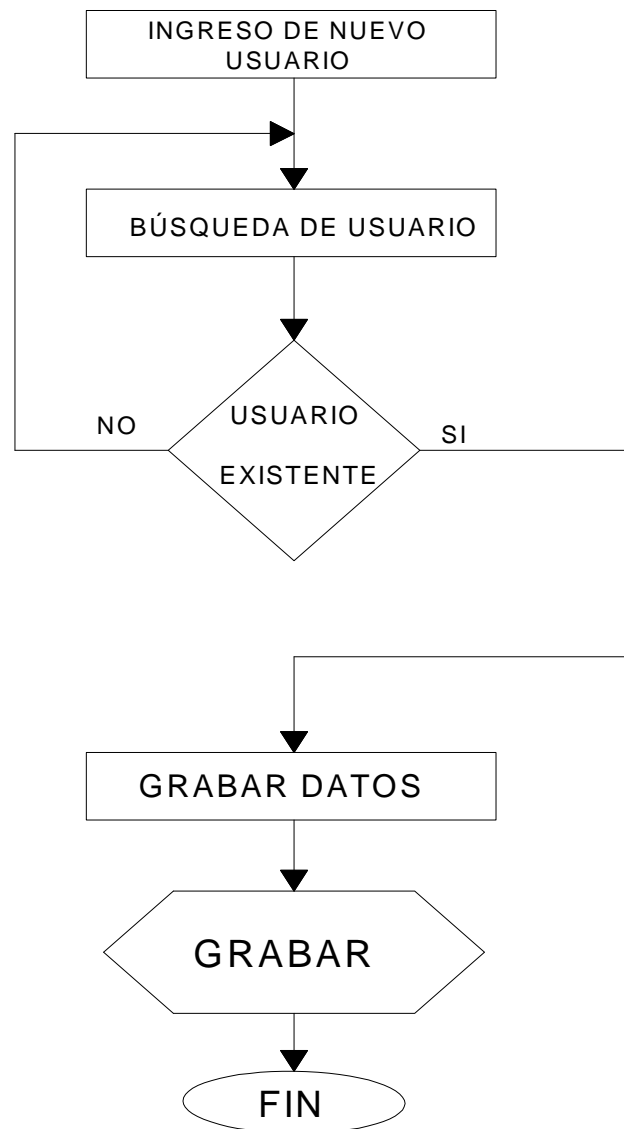
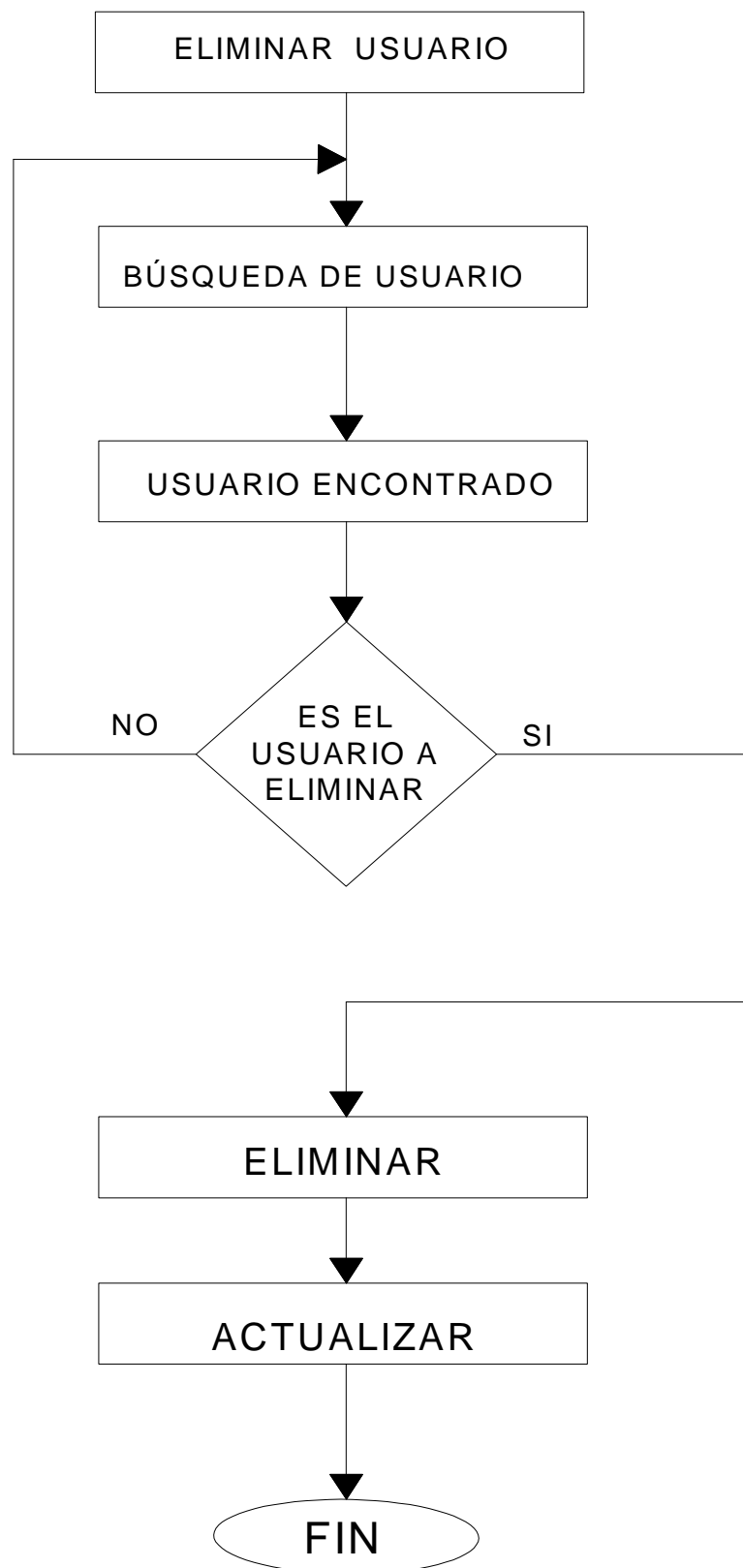


Figura 35: Algoritmo principal.

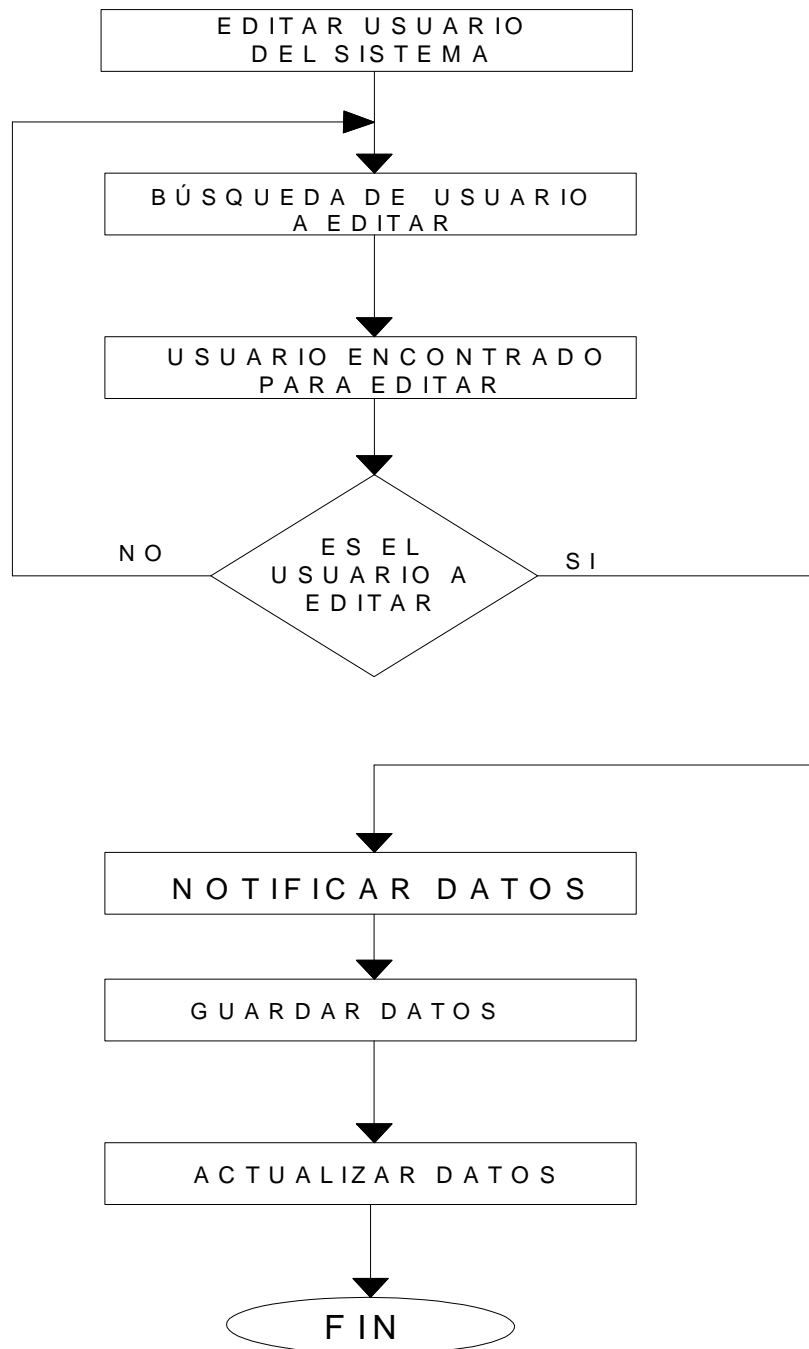
4.1.2 ALGORITMO INGRESO DE NUEVO USUARIO.

**Figura 36:** Algoritmo ingreso de nuevo usuario.

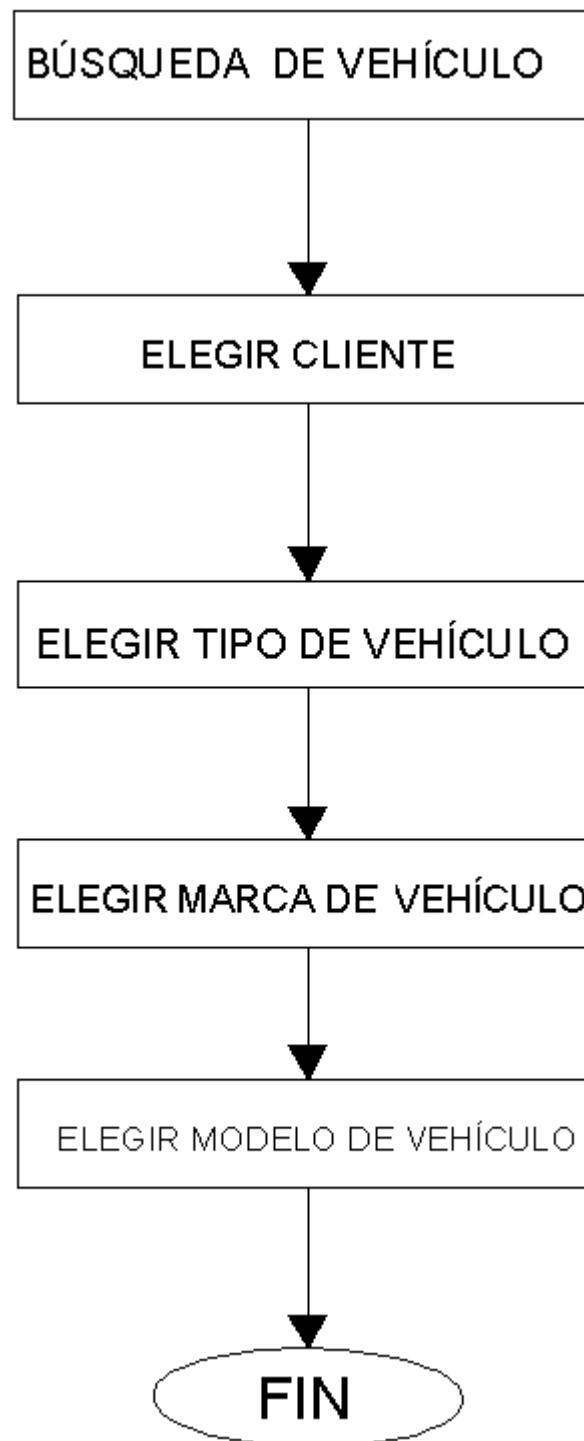
4.1.3 ALGORITMO ELIMINAR USUARIO EXISTENTE.

**Figura 37:** Algoritmo eliminar usuario existente.

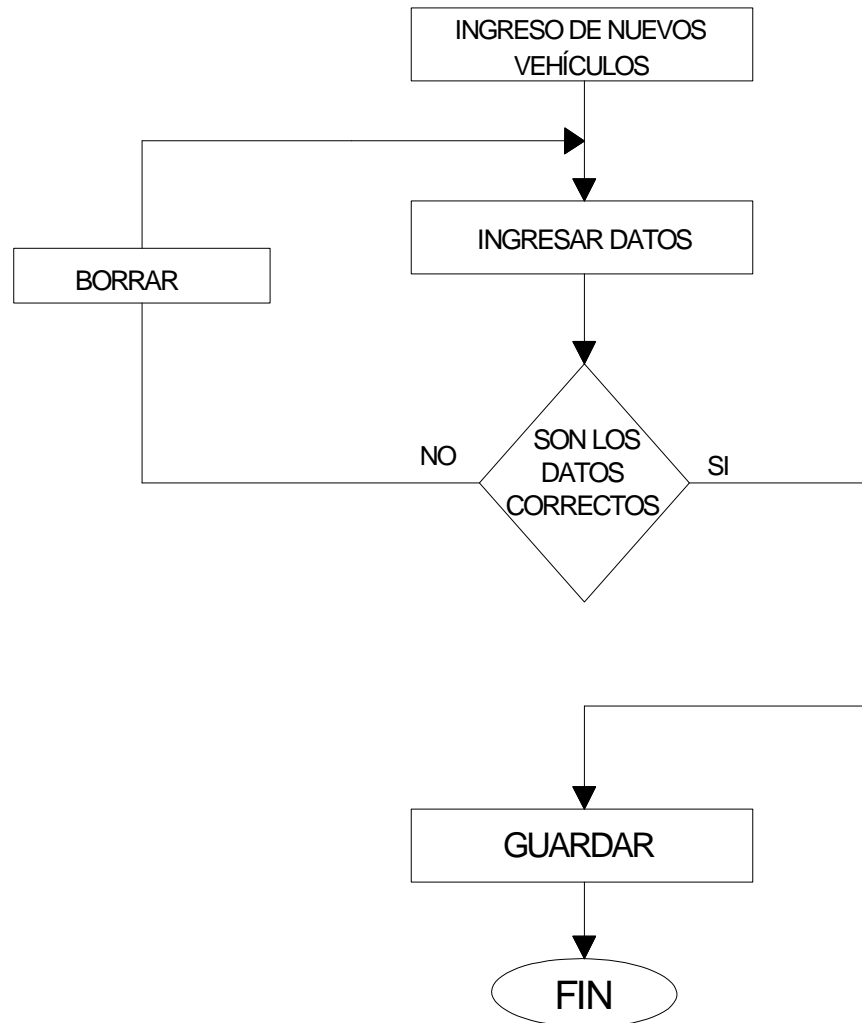
4.1.4 ALGORITMO EDITAR USUARIO DEL SISTEMA.

**Figura 38:** Algoritmo editar usuario del sistema.

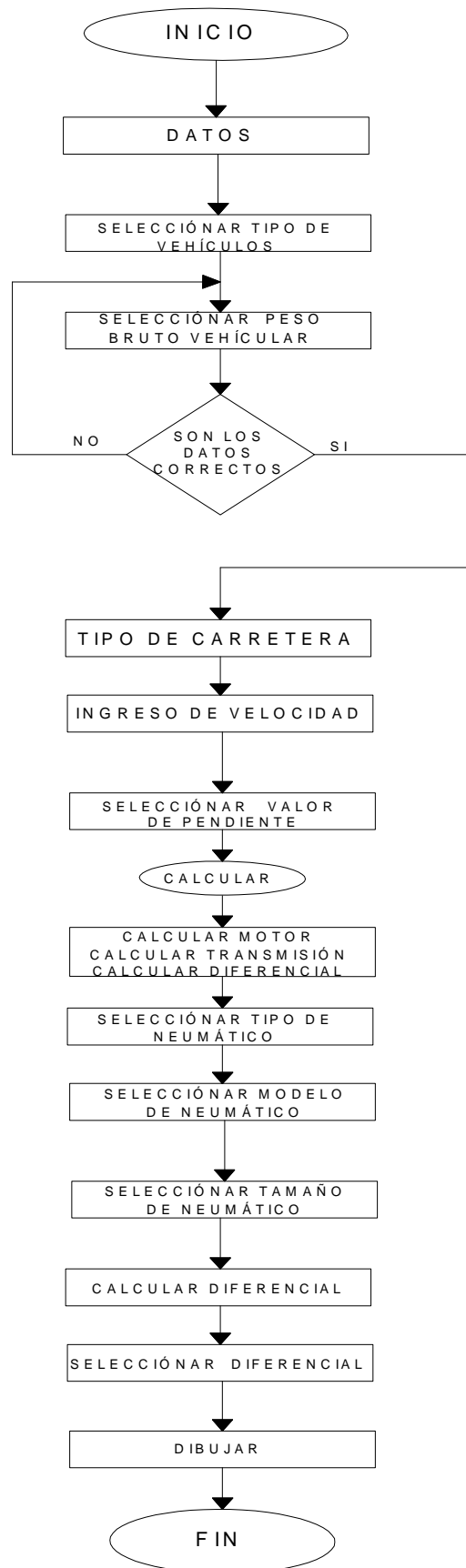
4.1.5 ALGORITMO BÚSQUEDA DE VEHÍCULO.

**Figura 39:** Algoritmo búsqueda de vehículo.

4.1.6 ALGORITMO INGRESO NUEVOS VEHÍCULOS.

**Figura 40:** Algoritmo ingreso de nuevos vehículos.

4.1.7 ALGORITMO SELECCIÓN PERSONALIZADA.

**Figura 41:** Algoritmo selección personalizada.

4.2 MÓDULOS DEL PROGRAMA.

El programa se encuentra constituido por los siguientes módulos:

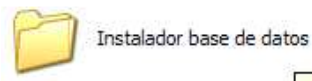
- **Ingresar Cliente.** En esta opción del programa se ingresa los datos del nuevo cliente, digitando el número de cédula, verificamos que dicho número tenga los diez dígitos reglamentarios de toda cédula de cualquier ciudadano ecuatoriano, luego se procederá a ingresar la información básica del nuevo cliente como por ejemplo el Nombre, Apellido, Dirección, Ciudad y Teléfonos, siendo ingresado exitosamente el nuevo cliente.
- **Buscar Vehículos.** Dentro de este campo se elegirá de manera rápida el tipo de vehículo que el nuevo cliente desea adquirir dependiendo del tipo de marca y modelo que éste desee, eligiendo cualquier vehículo existente en los principales concesionarios de nuestro país, cualquiera que sea su elección esta opción permitirá visualizar los datos técnicos de cada vehículo, como por ejemplo detalles del motor, transmisión, capacidad y dimensiones y codificación de los neumáticos. Esta opción permitirá al usuario ver las diferentes existes entre un vehículo y otro, haciendo más fácil y más eficiente su elección de compra.
- **Ingresar nuevos vehículos.** En esta opción del programa permite al administrador ingresar los Datos Técnicos de los nuevos vehículos que ingresan a los concesionarios de nuestro país detallando en el mismo el Tipo de vehículo, marca modelo y año. Con ello tendremos un control minucioso de todos los nuevos modelos de que el Ecuador importa.
- **Personalizar búsqueda.** Según los requerimientos del cliente se podrá realizar una búsqueda personalizada donde elegiremos el tipo de vehículo, peso bruto vehicular, tipo de carretera, velocidad al cual va a circular según la recomendación por parte del Consejo Nacional de Tránsito, también se seleccionará el tipo de terreno que frecuentemente realizará su recorrido y el aérea frontal. Dándonos como resultado el tipo de motor, transmisión, diferencial y neumáticos recomendados a través de los cálculos que realiza internamente el programa. Y posteriormente realiza el gráfico del desarrollo de sus velocidades en sus respectivas marchas.

- **Crear nuevo usuario.** Por último se tiene la opción de ingresar los datos del nuevo administrador del sistema creando así un usuario registrado con nombre y apellido que tendrá una clave personal el mismo quedará habilitado para el manejo del sistema y tendrá la potestad de realizar cambios en el mismo dependiendo de las necesidades que éste requiera.

INSTALACIÓN DEL PROGRAMA AnSros Truck “SELECCIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA”.

A continuación se detallará la instalación del programa el mismo que será de gran ayuda para el usuario.

➤ **Instalación del módulo instalador base de datos.**



1. Abrir la carpeta instalador base de datos y se mostrará la siguiente bandeja.

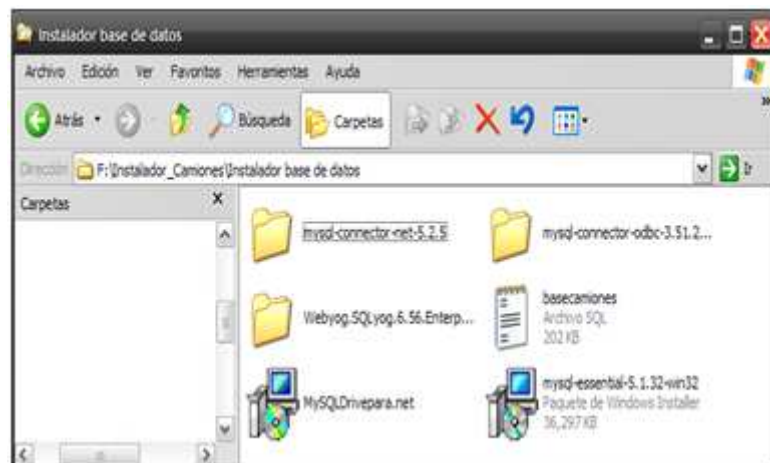


Figura 42: Carpeta instalador base de datos.

2. Seleccionar la opción



y ejecute.

3. Dar clic en Next.

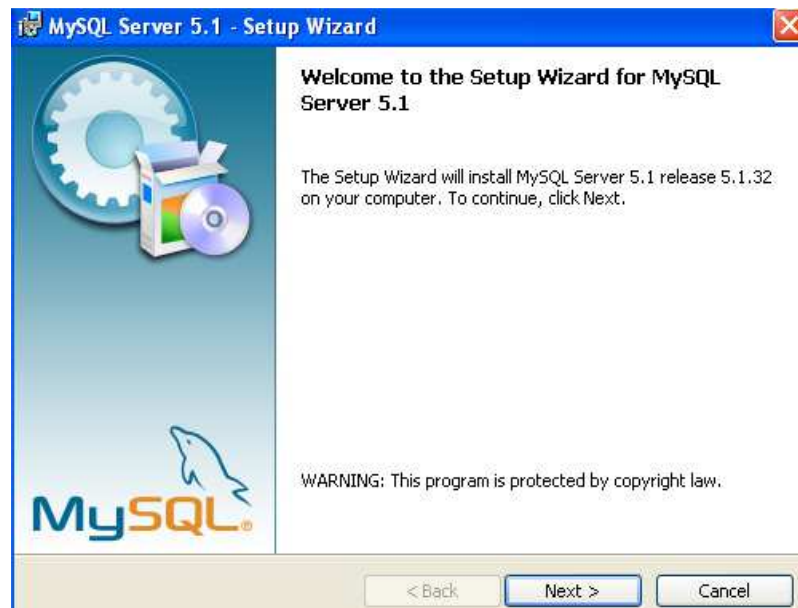


Figura 43: Ventana del instalador MySQL Server 5.1.

4. Seleccionar la opción complete y dar clic en Next.



Figura 44: Ventana de instalación de opción completa.

5. Dar clic en Install.

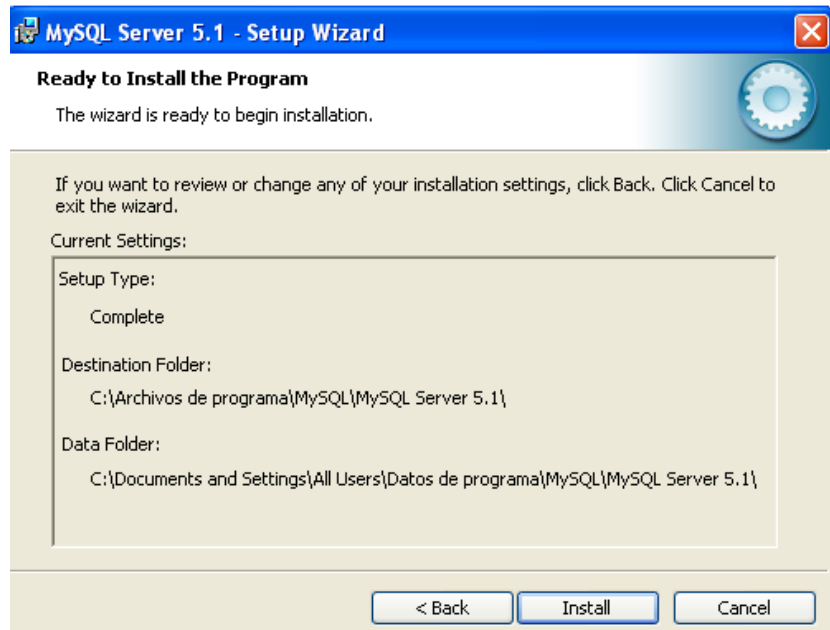


Figura 45: Ventana de lectura de instalación.

6. Dar clic en Next.

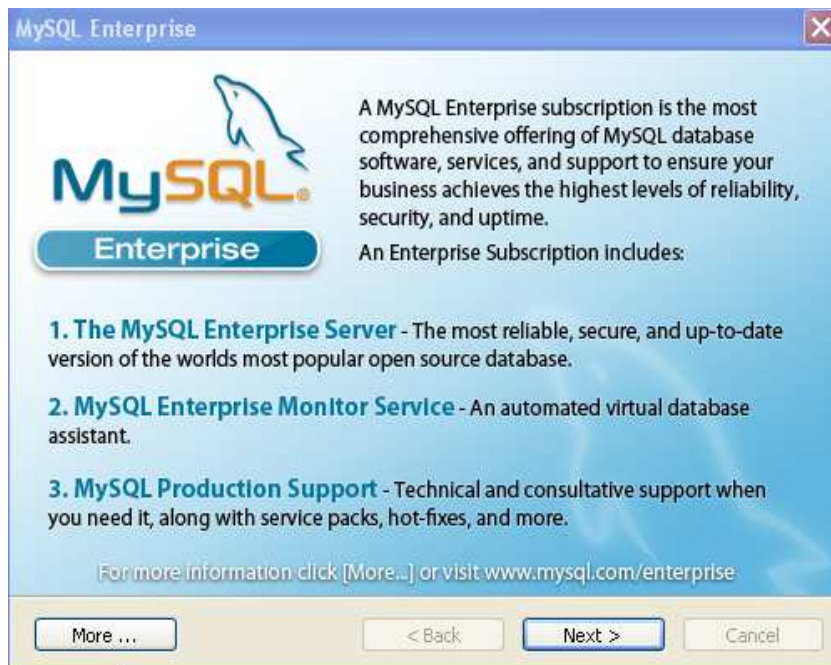


Figura 46: Ventana de descripción del programa MySQL parte I.

7. Dar clic en la opción Next.

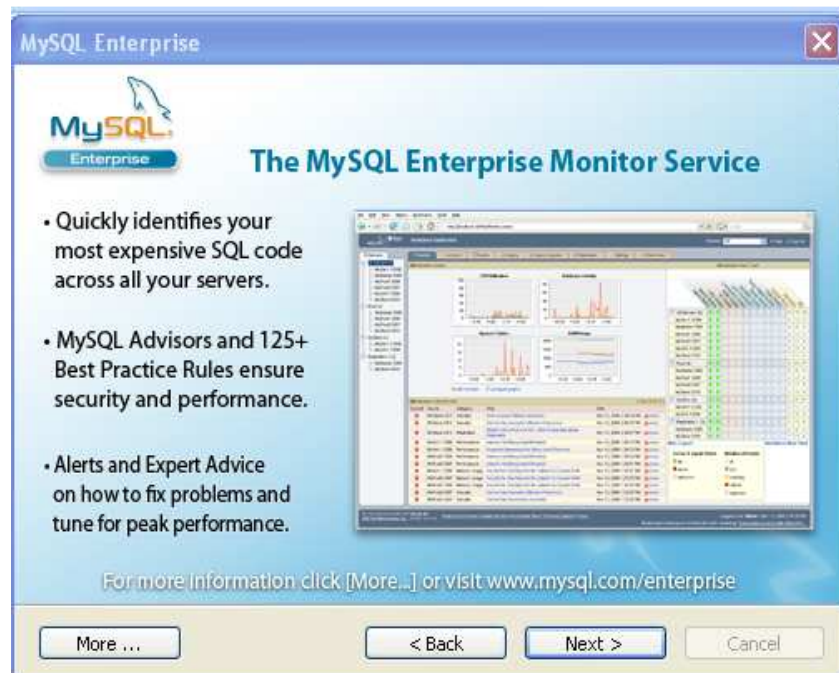


Figura 47: Ventana de descripción del programa MySQL parte II.

8. Dar clic en Finish.



Figura 48: Ventana de proceso completado.

9. Dar clic en Next.

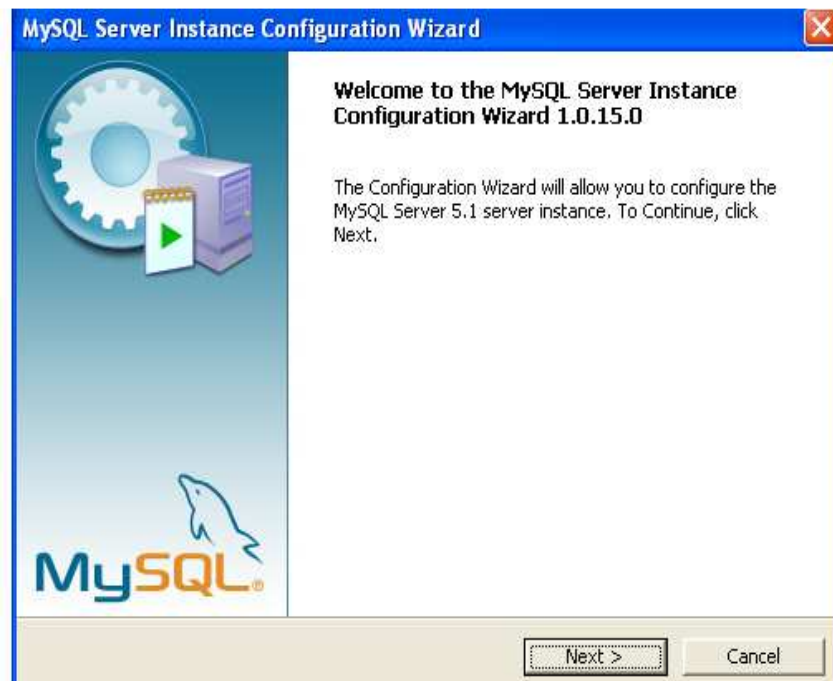


Figura 49: Ventana de bienvenida de MySQL.

10. Seleccione la primera opción (detailed configuration) y dar clic en Next.



Figura 50: Ventana de opción de configuración detallada.

11. Seleccione la opción (Developer Machine) y dar clic en Next.



Figura 51: Ventana de opción de desarrollo de máquina.

12. Seleccione la primera opción (Multifunctional Database) y dar clic en Next.



Figura 52: Ventana de opción de base de datos multifuncional.

13. Dar clic en Next.



Figura 53: Ventana de proceso de instalación.

14. Seleccione la primera opción (decisión Support) y dar clic en Next.

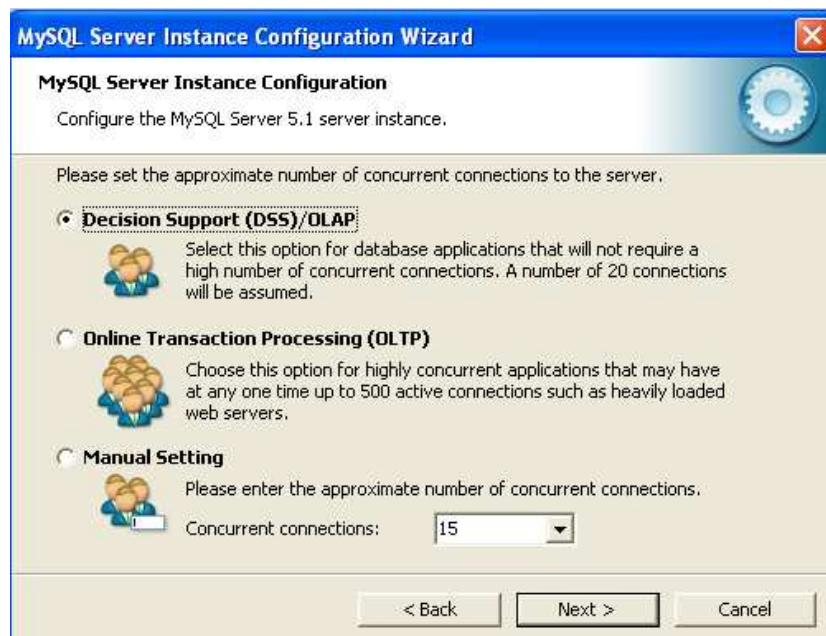


Figura 54: Ventana de proceso de apoyo de decisión.

15. Dar clic en Next.

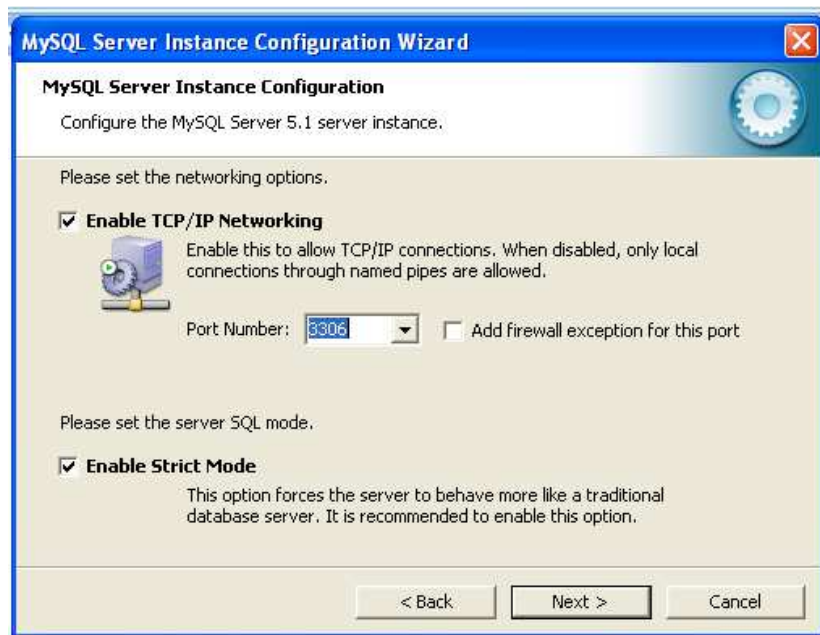


Figura 55: Ventana de la creación de redes.

16. Seleccione la primera opción (Standard Character) y dar clic en Next.

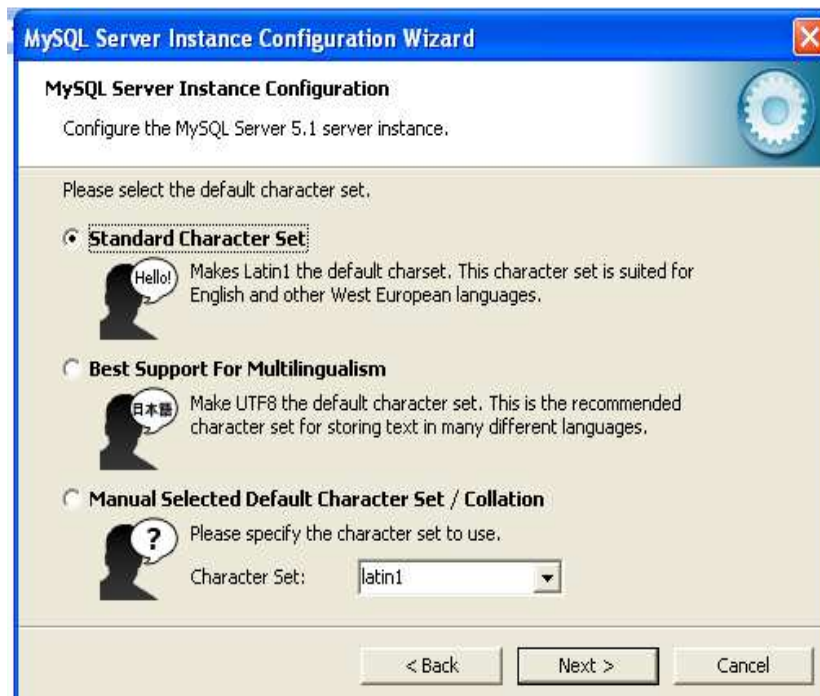


Figura 56: Ventana de opción norma de caracteres.

17. En service name seleccione la opción MySQL5 y dar clic en Next.

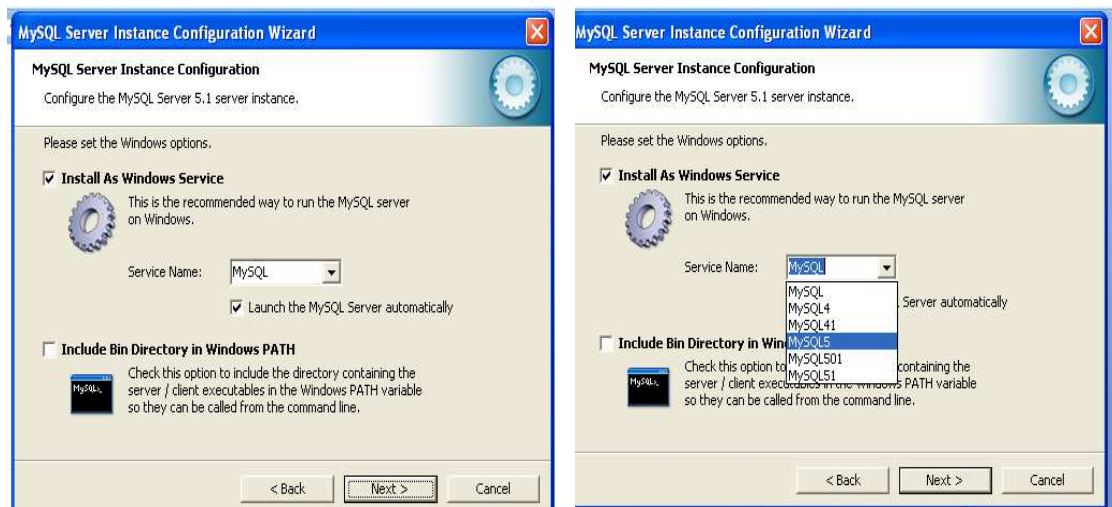


Figura 57: Opción para elegir MySQL 5.

18. Digite (root) como password en New root password en confirm ingresar otra vez root luego dar clic en Next.



Figura 58: Ventana de ingreso de contraseña.

19. Dar clic en Execute.

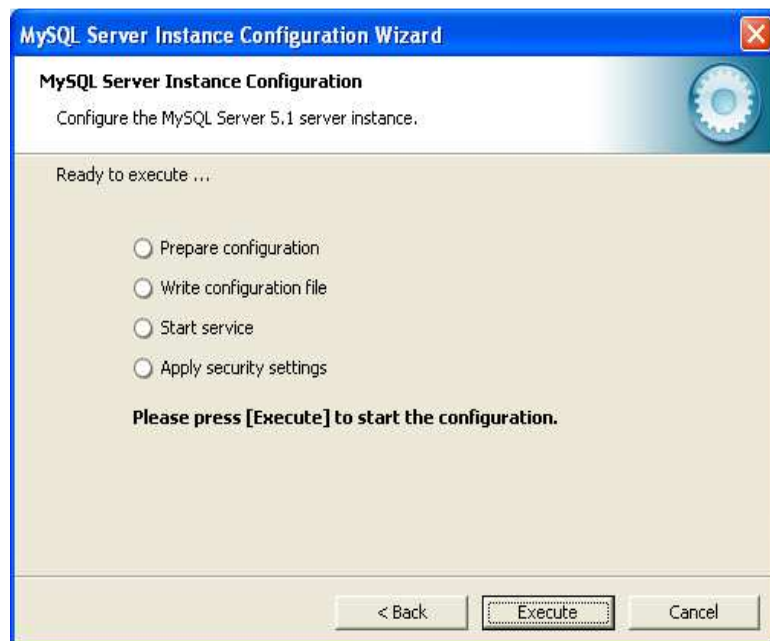


Figura 59: Ventana de opción ejecutar.

20. Dar clic en Finish.

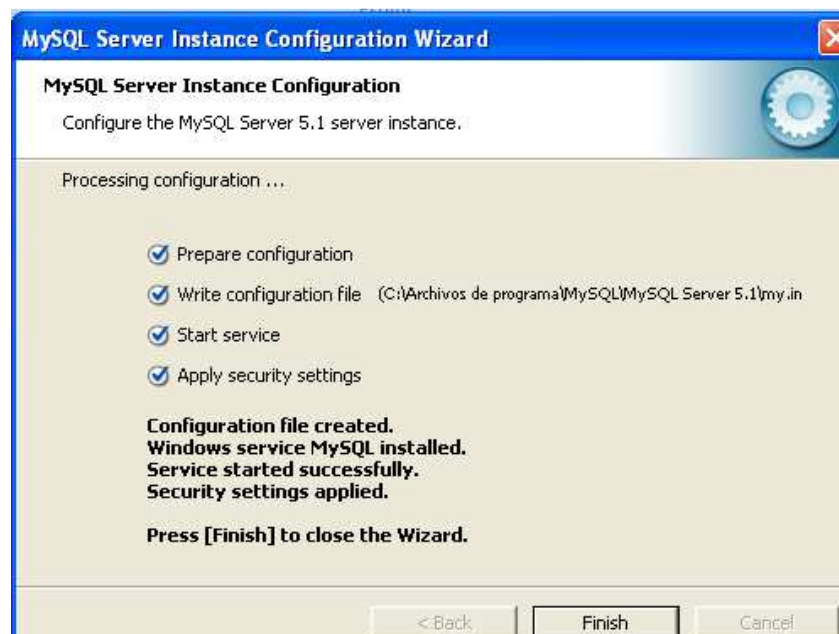


Figura 60: Ventana de culminación del módulo instalador base de datos.

➤ **Instalación del segundo módulo.**

Dentro de la carpeta instalador base de datos seleccionar la carpeta



mysql-connector-odbc-3.51.2.

y abra la misma.

1. Ejecute el instalador Setup.

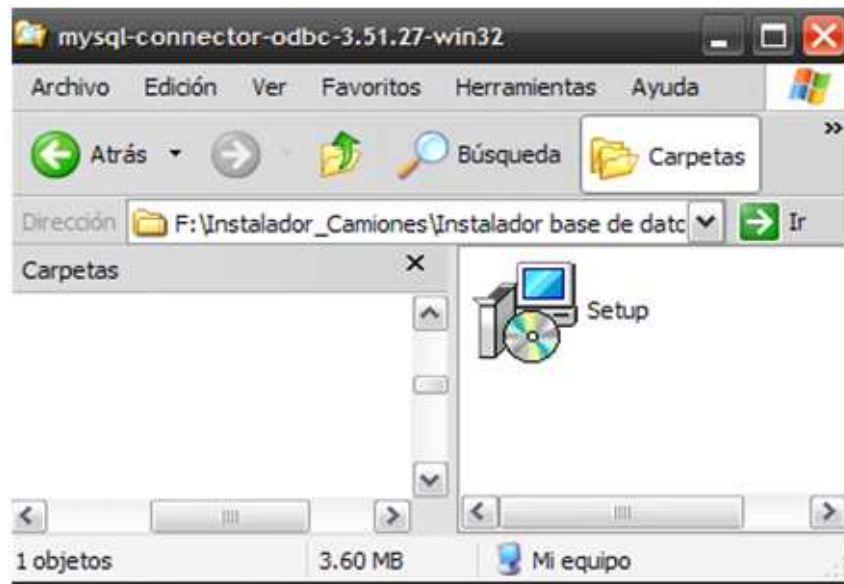


Figura 61: Instalador del segundo módulo.

2. Seleccionar la opción complete y dar clic en Next.



Figura 62: Ventana de opción completa.

3. Dar clic en Install.

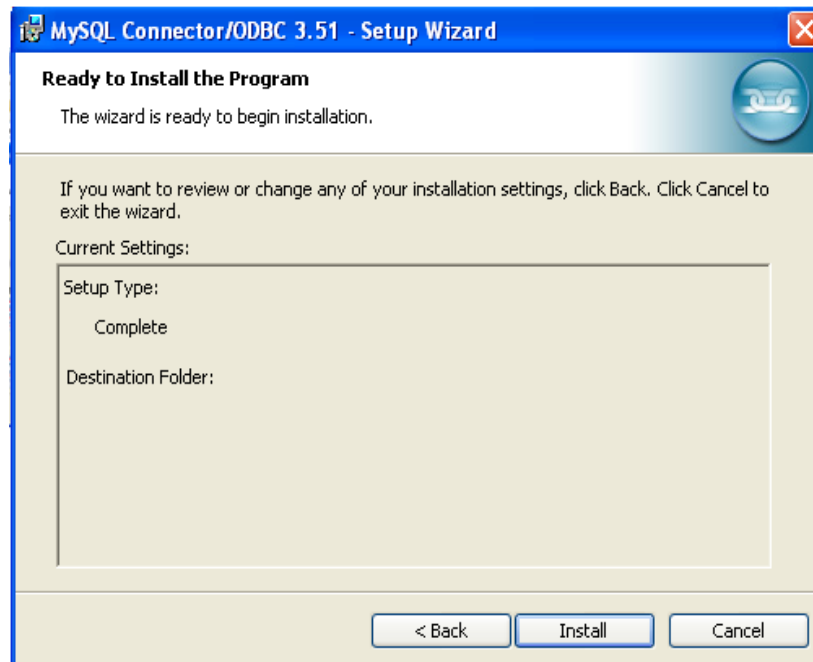


Figura 63: Ventana de lectura de la instalación completa.

4. Dar clic en Finish.

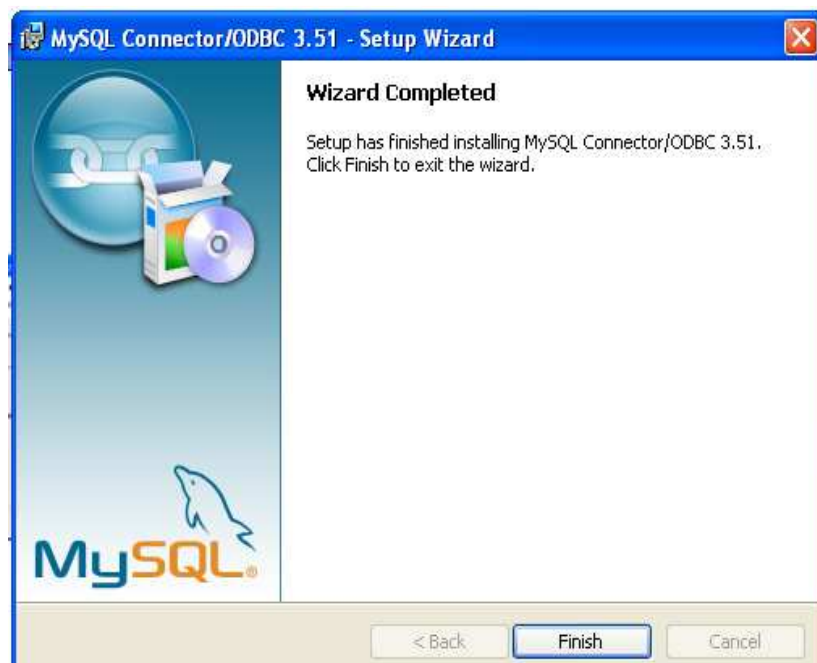



Figura 64: Ventana de asistente finalizado.

➤ **Instalación del tercer módulo.**

Dentro de la carpeta instalador base de datos seleccionar la carpeta

 mysql-connector-net-5.2.5 y abra la misma.

1. Ejecute el instalador MySQL.Data.

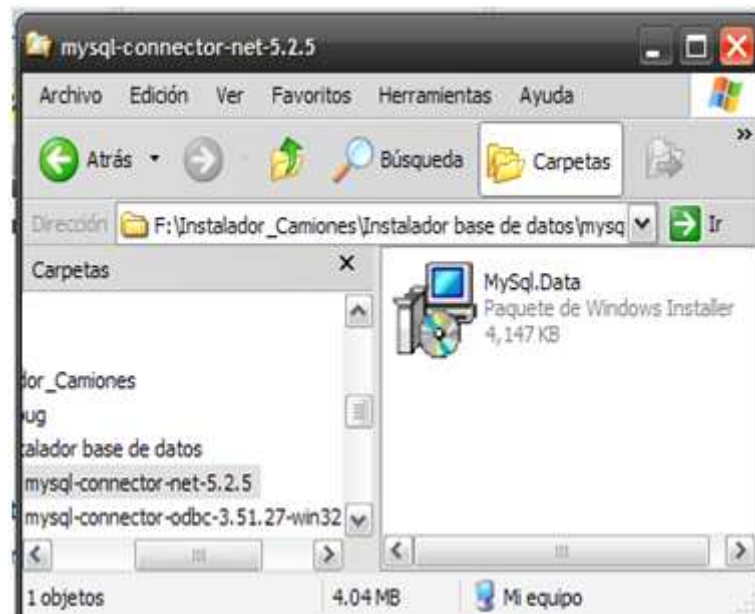


Figura 65: Ventana del instalador MySQL.Data.

2. Dar clic en Next.



Figura 66: Ventana de bienvenida al conector de asistente de red MySQL.Data.

3. Seleccionar la opción completa.

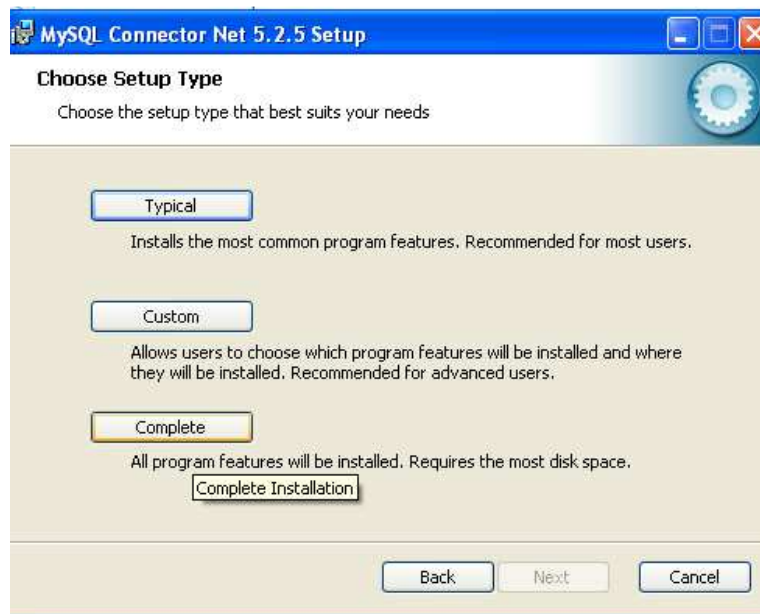


Figura 67: Ventana de opción de instalación completa.

4. Dar clic en Install.

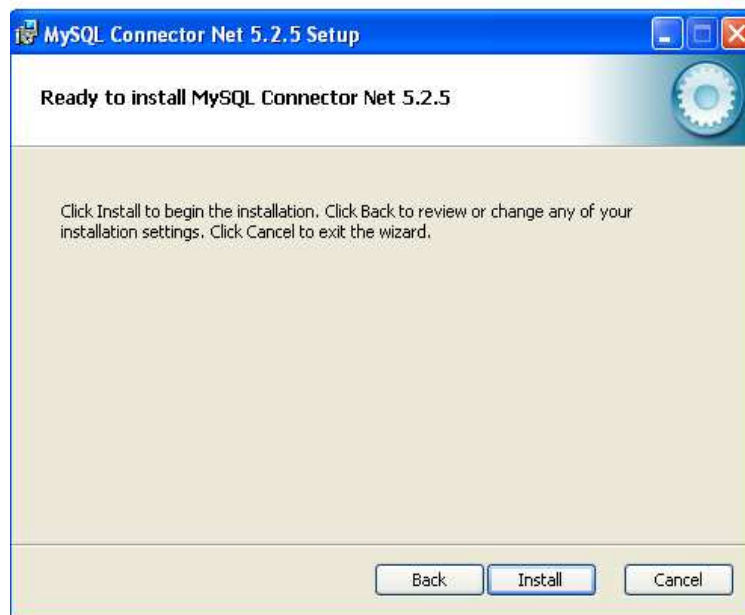


Figura 68: Ventana de opción de asistente de instalador.

5. Dar clic en Finish.




Figura 69: Ventana de finalización del asistente de red.

➤ **Instalación del cuarto módulo.**

Dentro de la carpeta instalador base de datos seleccionar la carpeta

 Webyog.SQLyog.6.56.Enterp... y abra la misma.

1. Seleccionar y ejecutar  SQLyog656Ent

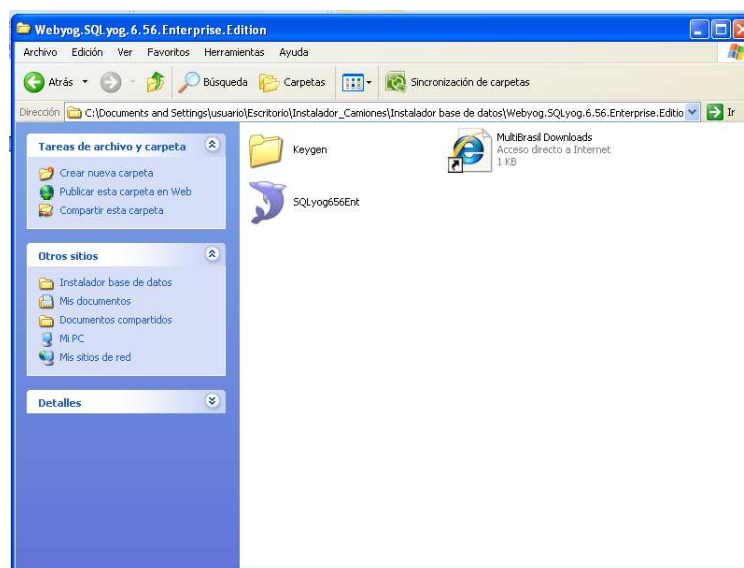


Figura 70: Ventana del instalador de la base de datos webyog.SQL.

2. Dar clic en Next.



Figura 71: Ventana de bienvenida del instalador webyog.SQL.6.56

3. Acepté los términos y dar clic en Next.

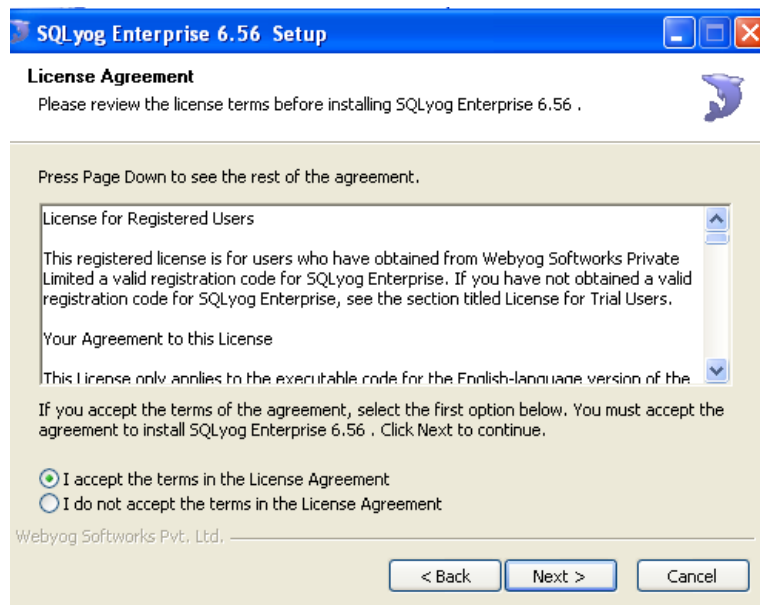


Figura 72: Ventana de aceptación de los acuerdos de licencias.

4. Comprobar la siguiente bandeja y dar clic en Next.

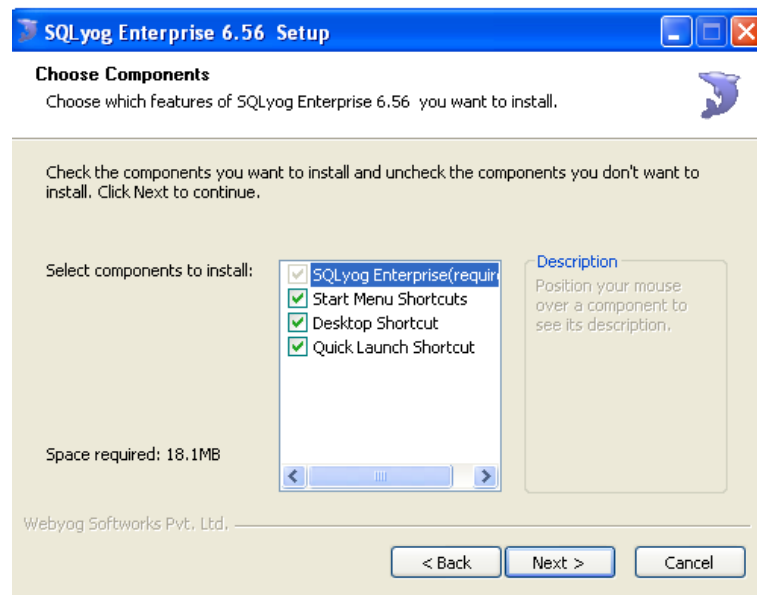


Figura 73: Ventana de elección de componentes.

5. Se muestra el Path en donde se instalaran los archivos y dar clic en Install

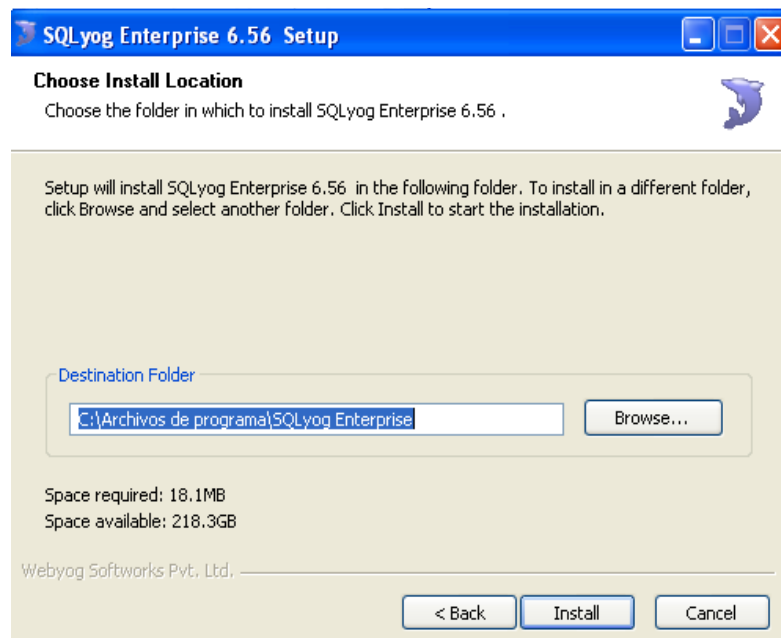


Figura 74: Ventana de ubicación de la instalación.

6. Dar clic en Next.

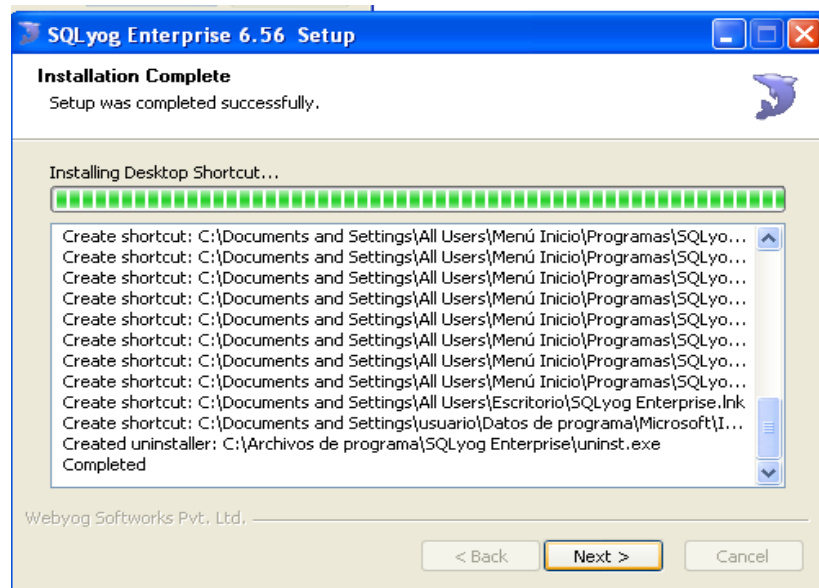


Figura 75: Ventana de instalación de acceso directo al escritorio.

7. Dar clic en Finish.



Figura 76: Ventana de finalización de la instalación.

8. Se visualiza la siguiente bandeja en donde se colocara la clave y el password.

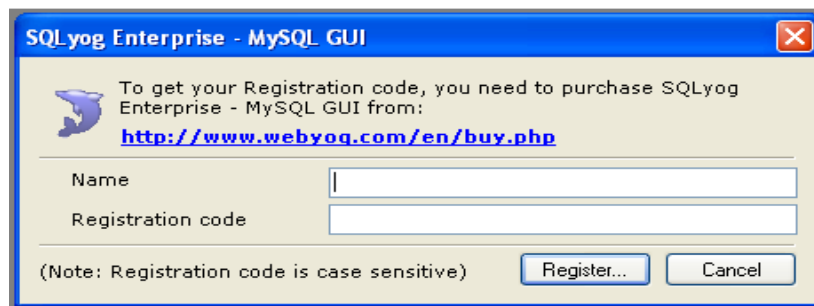


Figura 77: Ventana de nombre y código de registro.

9. Para ingresar el nombre y el código de registro seleccionamos de la carpeta keygen que se encuentra dentro de la carpeta webyong.

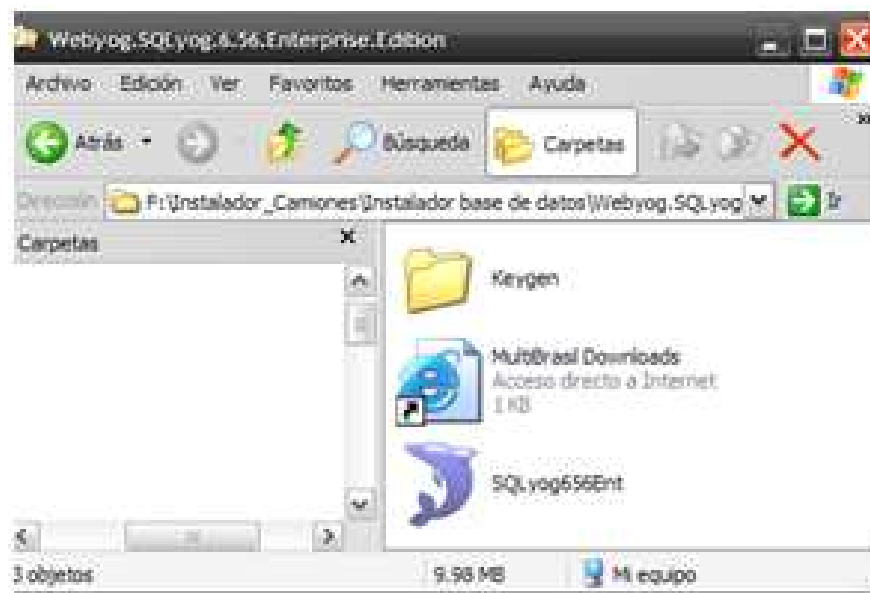



Figura 78: Ventana de ubicación de la carpeta keygen.

10. Abrir la carpeta keygen y dar clic en 

11. Se visualizara lo siguiente:



Figura 79: Ventana de contraseñas.

Copiar la contraseña



12. Pegar la contraseña.

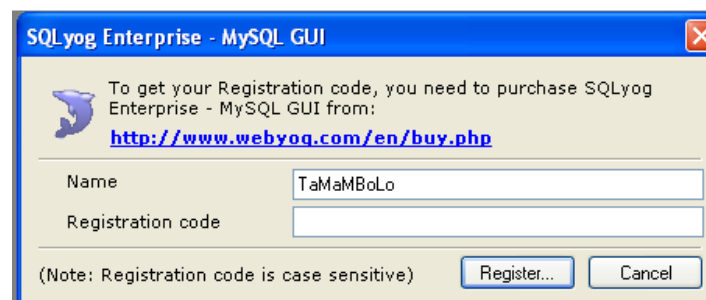


Figura 80: Ventana del nombre de registro.

13. Copiar la serie



14. Pegar la serie y dar clic en register code.



Figura 81: Ventana del código de registro.

15. Dar clic en aceptar de la siguiente bandeja.



Figura 82: Ventana de finalización de registro.

16. En la siguiente bandeja dar clic en New.

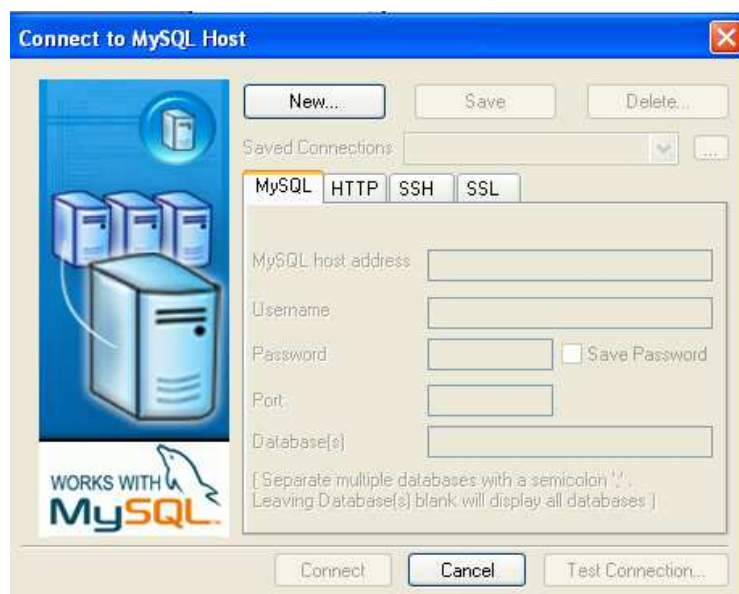


Figura 83: Ventana para grabación de base de datos.

17. Ingresar el nombre camiones y dar clic en OK.

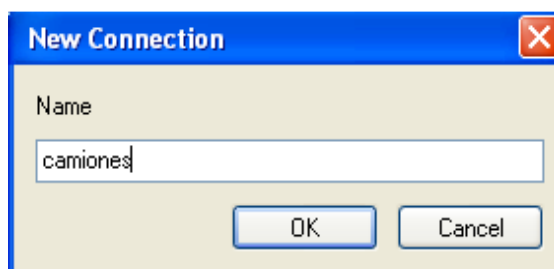


Figura 84: Ventana de ingreso de nombre.

18. En la siguiente bandeja ingresar el nombre root en password y dar clic en Connect.

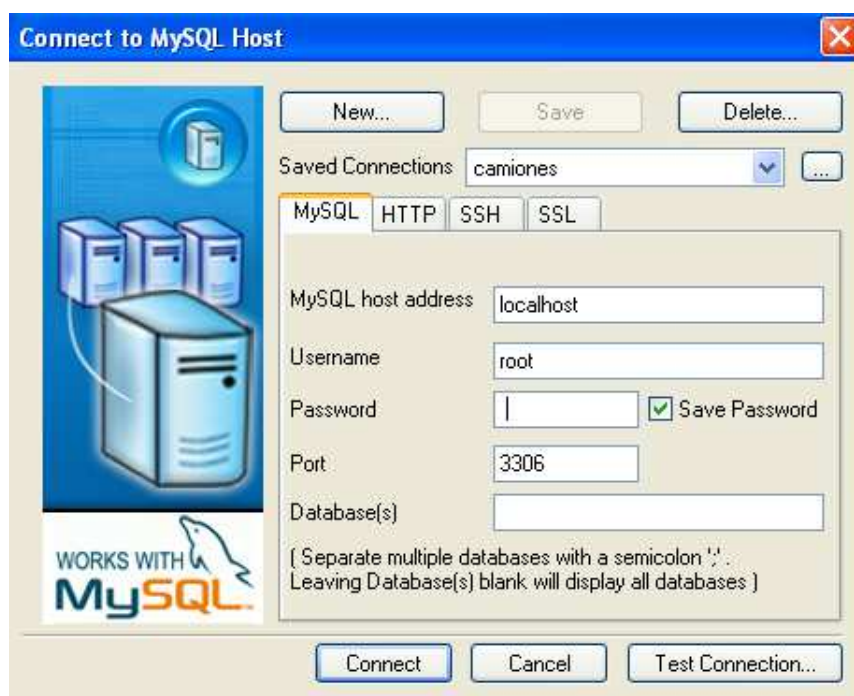


Figura 85: Ventana de ingreso de contraseña.

19. Dar clic en Si.



Figura 86: Ventana de aceptación de cambios.

20. Se visualiza la siguiente bandeja:

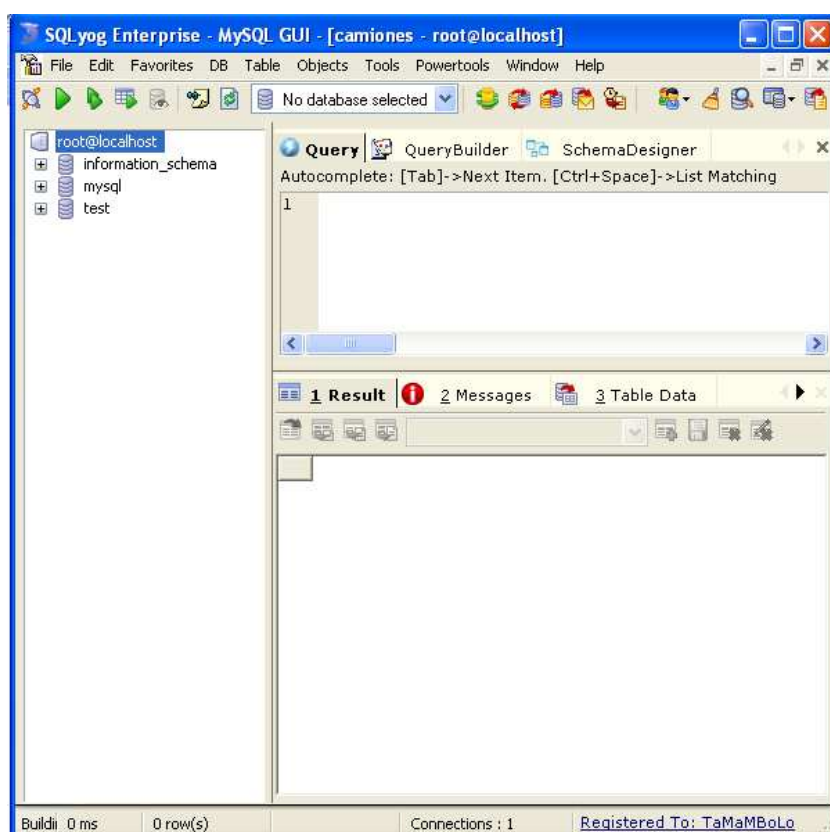


Figura 87: Pantalla de nueva base de datos.

21. Dar clic derecho en root@localhost y seleccionar Refresh Object Browser F5.

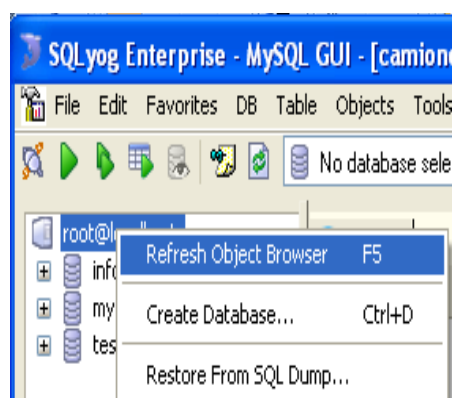


Figura 88: Ventana de actualización de objetos del navegador.

22. Dar clic en el menú DB y seleccionar la opción Restore From SQL Dump.

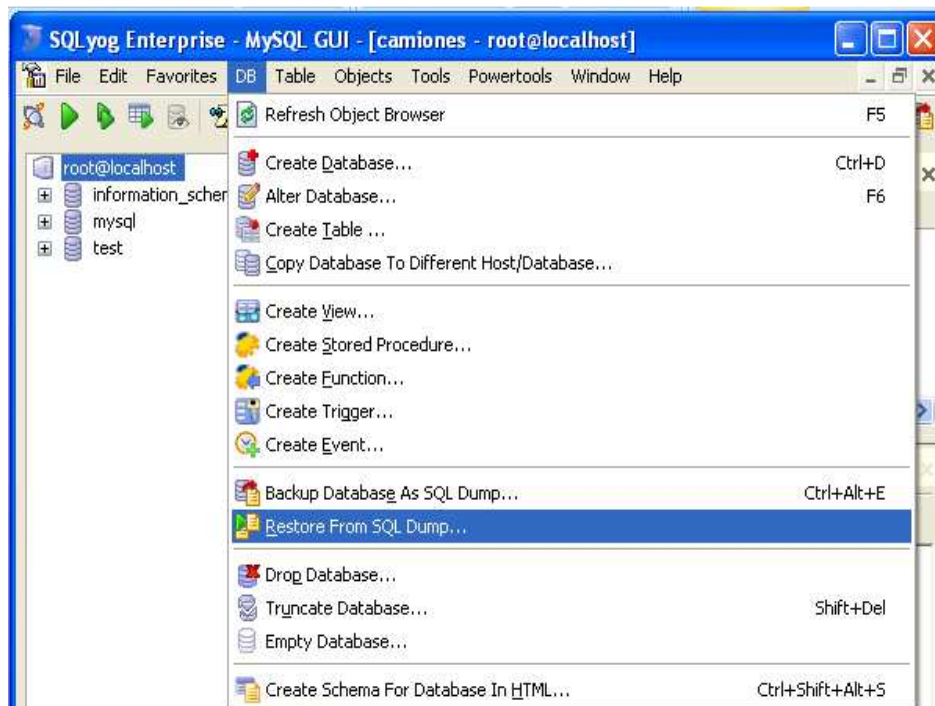


Figura 89: Ventana de restauración de SQL.yog.

23. En la siguiente bandeja dar clic en el imbox de la derecha

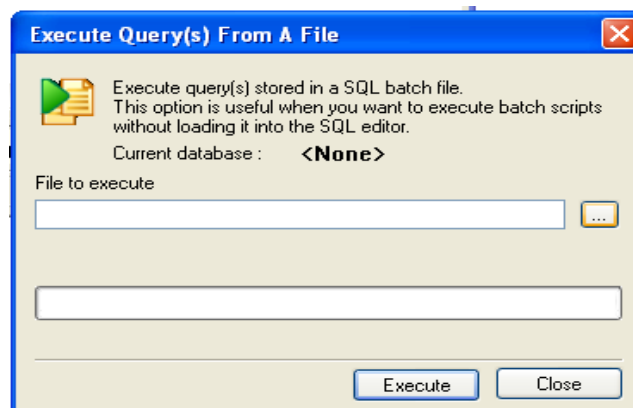


Figura 90: Ventana de archivos a ejecutar.

24. Buscar en la carpeta instalador base de datos el archivo base camiones y dar clic en abrir.

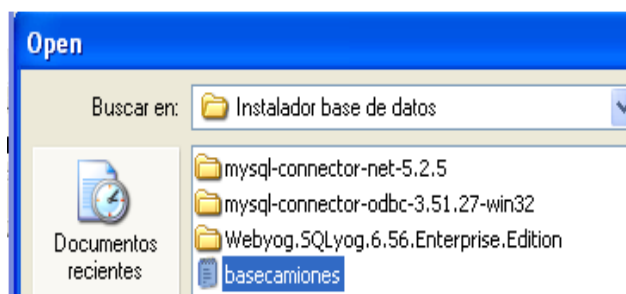


Figura 91: Ventana de base camiones.

25. En la siguiente bandeja dar clic en Execute.

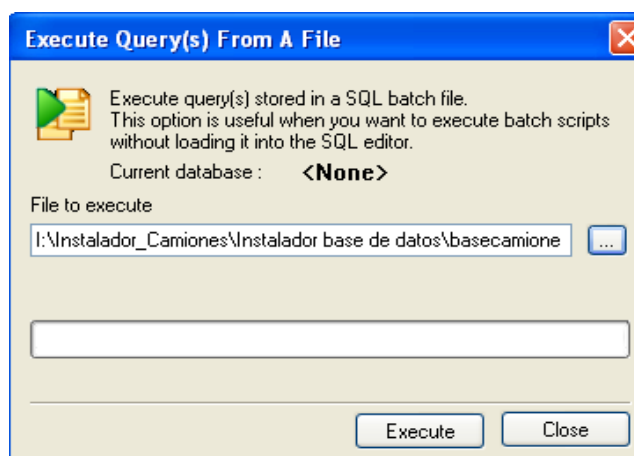


Figura 92: Ventana de ejecución de la base camiones.

26. Dar clic en Done.

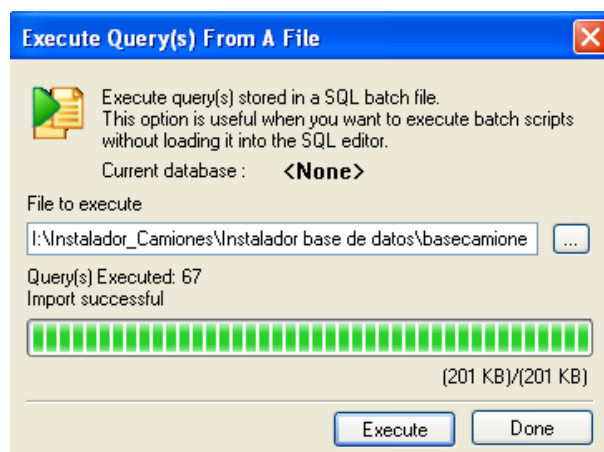


Figura 93: Ventana de proceso de carga.



Dentro de la carpeta instalador base de datos seleccionar el instalador.

y ejecutar el

1. Se visualiza la siguiente pantalla

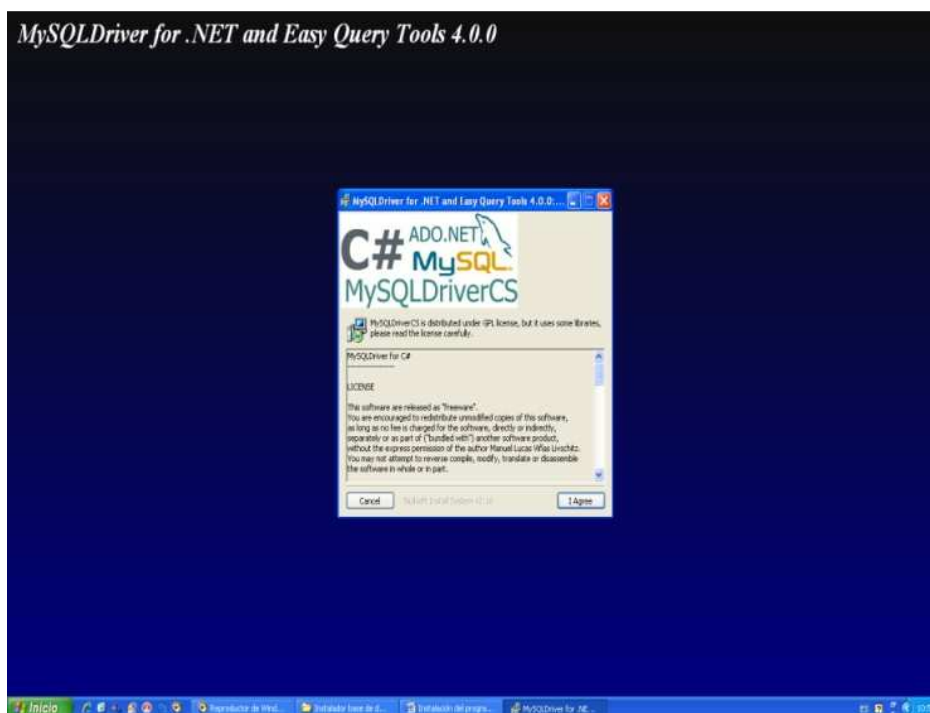


Figura 94: Pantalla de unidad de red de MySQL.Drive for.Net.

2. Marcar en **I Agree**.
3. Verificar la siguiente bandeja y dar clic en Next.

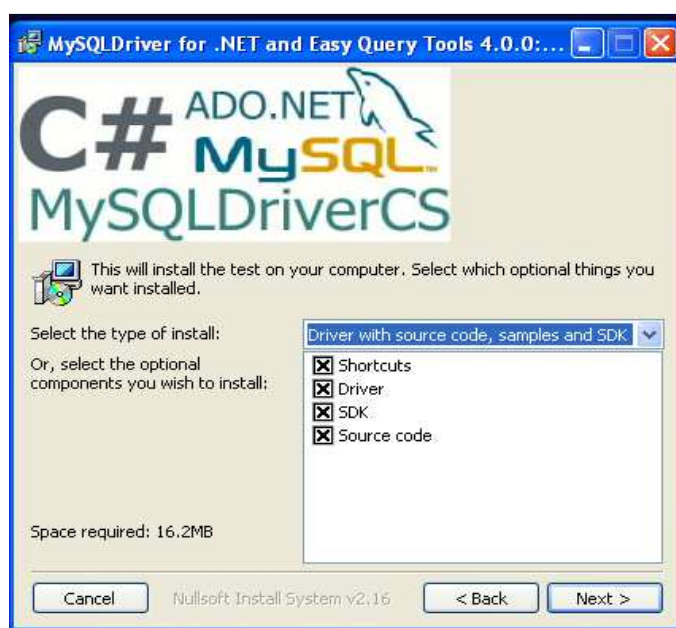


Figura 95: Ventana de selección de herramientas.

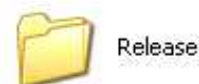
4. Se muestra el Path en donde se instalará la carpeta y dar clic en Install.



Figura 96: Ventana del operador MySQL Driver CS.

➤ **Instalación del módulo Realease.**

Dentro de la carpeta instalador camiones seleccionar y abrir la carpeta



1. Seleccionar la opción instalador camiones.

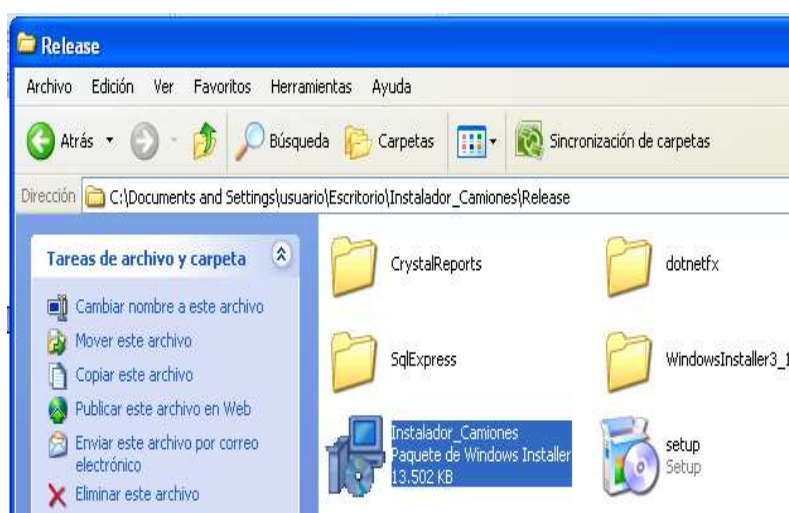


Figura 97: Ventana del icono del instalador camiones.

2. Dar clic en siguiente.

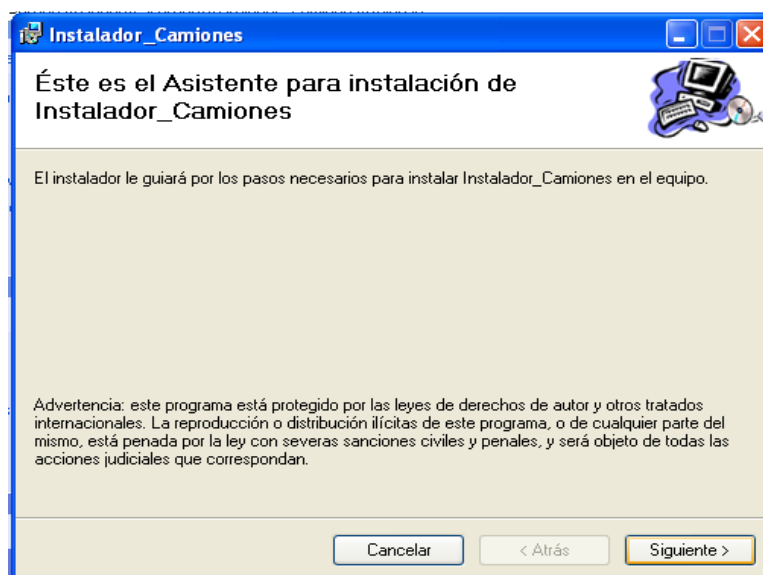


Figura 98: Pantalla del asistente para la instalación de instalador camiones.

El instalador se encontrará dentro de la carpeta (C:\Archivos de programa\AngelSilvaRosaSamaniego\Instalador_Camiones\) y seleccionar la opción solo para este usuario y dar clic en siguiente.

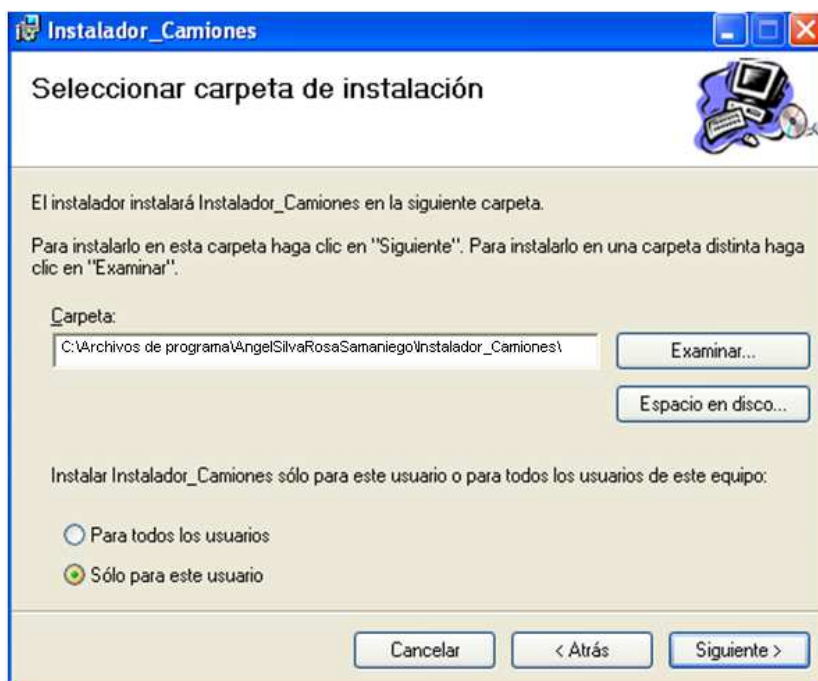


Figura 99: Pantalla de ubicación de la carpeta de instalación.

3. Dar clic en Siguiente.

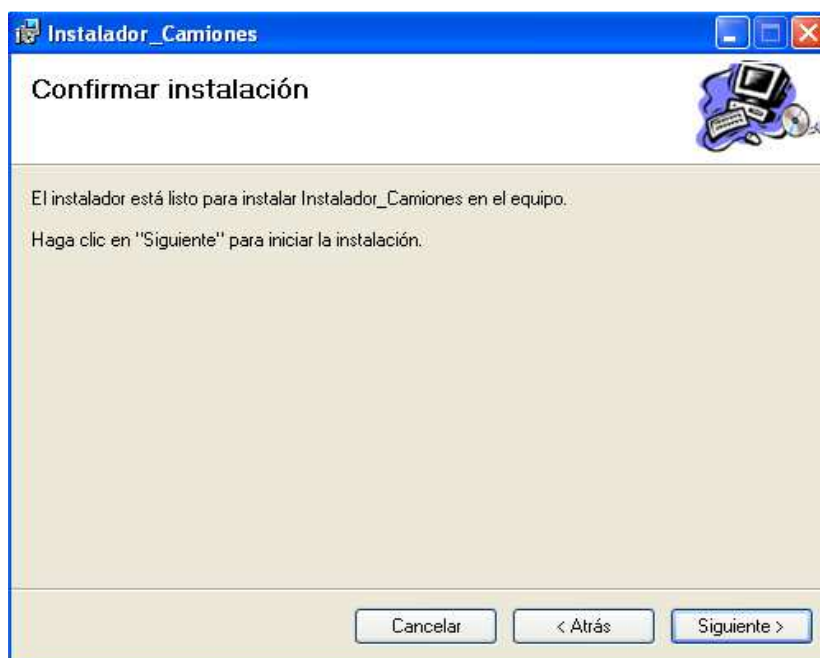


Figura 100: Pantalla de confirmación de la instalación.

4. Dar clic en Cerrar.



Figura 101: Pantalla de la instalación completa.

5. Ingresar al path (C:\Archivos de programa\AngelSilvaRosaSamaniego\Instalador_Camiones\).

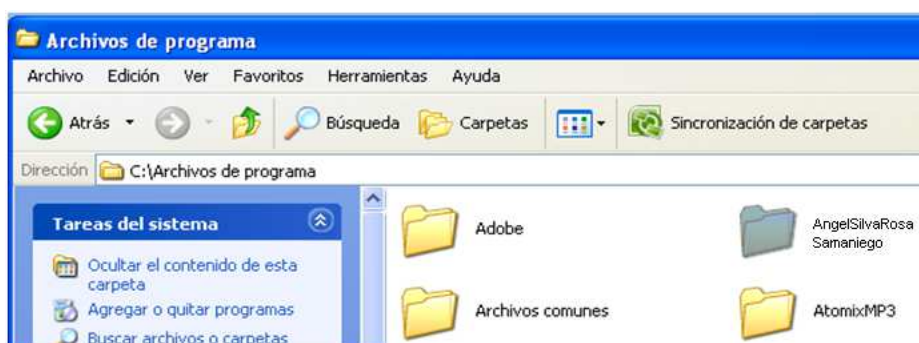



Figura 102: Pantalla de Archivos de programa.

6. Abrir la carpeta instalador camiones  Instalador_Camiones .
7. Dar clic derecho en camiones y creamos un acceso directo al escritorio de esta forma se creará el acceso directo del programa AnSros Truck Selección de Vehículos de carga pesada.

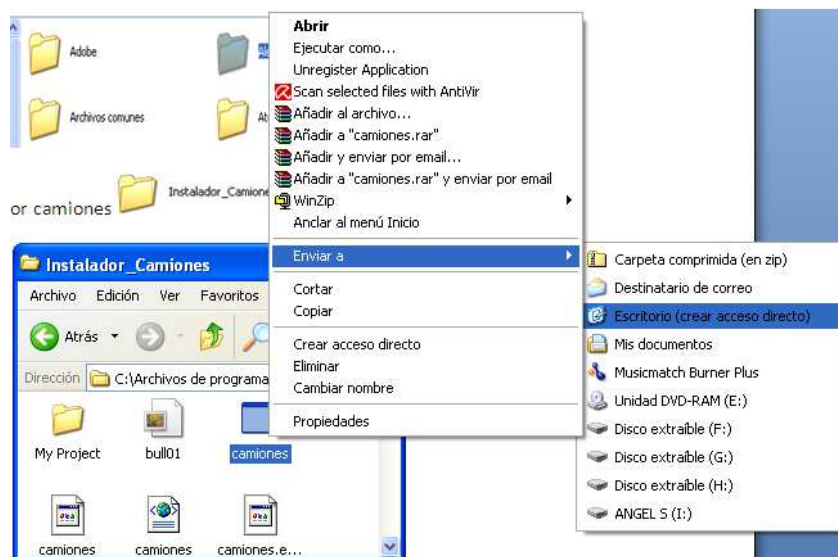


Figura 103: Ventanas para la creación de acceso del programa AnSros Truck.

➤ **Condiciones de funcionamiento del programa AnSros Truck Selección de Vehículos de Carga Pesada.**

Para el funcionamiento correcto del programa se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Dar clic en Inicio-panel de control.



Figura 104: Pantalla para acceso al panel de control.

2. Dar clic en opciones regionales de idioma y de fecha y hora.



Figura 105: Opción de idioma, fecha y hora.

3. Dar clic en configuración regional y de idioma.



Figura 106: Ícono de configuración regional y de idioma.

4. En la siguiente bandeja seleccionar la opción personalizar.



Figura 107: Ventana de configuración regional y de idioma.

5. En símbolo decimal digite el símbolo punto y en símbolo de separación de miles digitar la coma y dar clic en aceptar.

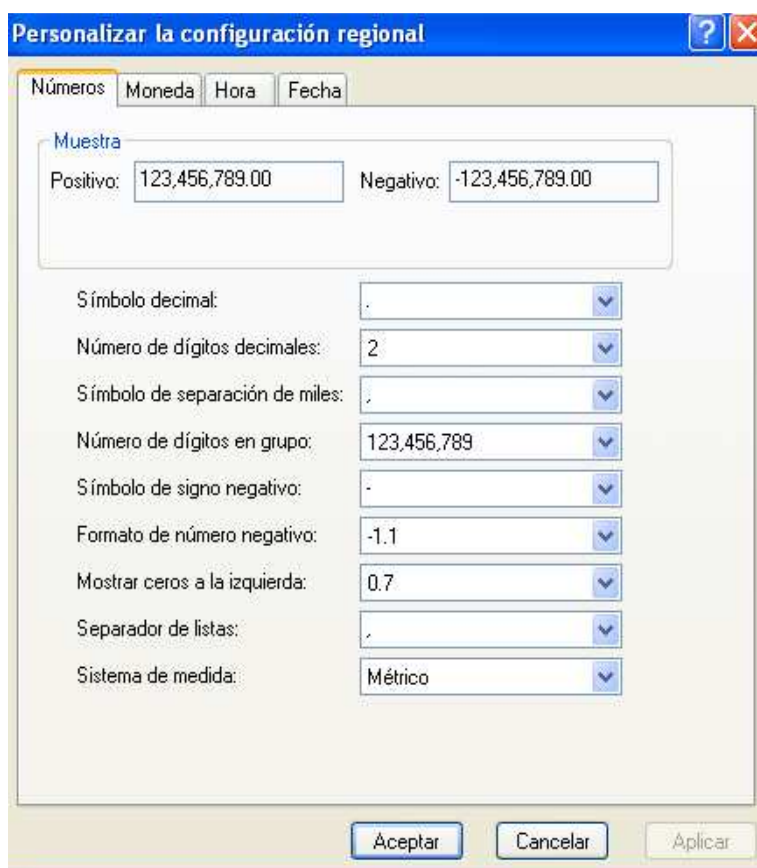


Figura 108: Ventana de números-muestra.

De esta forma se ha completado con la instalación del programa AnSros Truck Selección de Vehículos de Carga Pesada en forma exitosa.

4.3 CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA.

Para la creación del programa AnSros Truck Selección de Vehículos de carga pesada se ha utilizado los paquetes computacionales Visual Basic 2005.Net y el MySql 5.0.

El programa Visual Basic 2005.Net es una herramienta completa de programa creada por Microsoft que permite construir de forma productiva aplicaciones orientadas a objeto y tipos seguros de datos. Permite a los desarrolladores la creación de una amplia gama de aplicaciones Windows, Web, Móviles y de office en el marco del .NET.

Las aplicaciones .NET se ejecutan en lo que se llama "dominio de la aplicación" que es como un espacio donde se ejecuta nuestra aplicación y está aislada del resto de las aplicaciones que se están ejecutando en Windows. Perfecto para la seguridad y para que un fallo de aplicación no afecte a las demás aplicaciones.

Las herramientas que proporciona Visual Studio .NET para trabajar visualmente con bases de datos. Entre ellas podemos encontrar una versión reducida del gestor de bases de datos Microsoft SQL Server, conocida como SQL Server Desktop.[20]

En nuestro programa hemos utilizado el MySQL 5.0, que es una herramienta de base de datos completa lo más importante que es gratuita, posee las mismas características de la versión comercial SQL, además este programa tiene una amplia información accesible para el usuario que desee utilizar esta aplicación. A continuación mencionaremos una serie de ventajas de este programa.

- **Gratuito:** contrario a MySQL, Firebird y puede ser usado en aplicativos comerciales sin ningún tipo de “honorarios” o problemas legales.
- **Bajos requerimientos de hardware:** básicamente, si algo realiza operaciones informáticas, de seguro podrá correr Firebird.
- **Disponible en todas las grandes plataformas:** Linux, Windows, Mac OS, Solaris y otras.
- **Rendimiento razonable:** El rendimiento de Firebird está al igual del prestado por MySQL y PostgreSQL.
- **Proyecto bastante activo:** a pesar de su baja popularidad, es un proyecto bastante activo.
- **Bases de datos de tamaño ilimitado:** El límite del tamaño de la base de datos está determinado por el sistema de archivos en el cual se almacena la base de datos. Pero, por si acaso, la base de datos excede el límite, siempre es posible dividirla en múltiples archivos. (La base de datos más grande conocida ocupa más de 980 GB)
- **Compatibilidad 100% con el estándar SQL 92.**
- **Conectividad:** puede acceder a Firebird SQL a través de cualquier lenguaje de programación. .[21]

En cuanto al programa AnSros Truck Selección de Vehículos permite analizar la velocidad que alcanzará el vehículo cuando se realice el cambio de marchas progresivamente en los diferentes rangos de RPM del motor a través de su capacidad de ascenso en pendientes, observándose una relación casi lineal entre el aumento de las revoluciones del motor y el

aumento de velocidad del vehículo, lo que garantiza a los usuarios poder sobrecargar o no su unidad de acuerdo con la ruta de operación más frecuente.

De lo observado a través de simulaciones realizadas en el programa para diferentes configuraciones de trenes motrices, se comprobó que éste funciona satisfactoriamente, por lo que se estima podría ser una herramienta que le permita a los responsables de la selección de vehículos en las empresas de transporte, conocer el comportamiento que tendrán los vehículos al destinarlos a las operaciones de la empresa.

Este programa puede ser de utilidad para evaluar los vehículos importados del Ecuador ya que tenemos el acceso inmediato de las marcas de vehículos existentes en stock de los diferentes concesionarios de nuestro país y hacer comparaciones para satisfacer netamente la necesidad del cliente que desea adquirir un vehículo y que valga la pena su inversión.

CAPÍTULO V.

5. REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE APLICACIÓN DEL SOFTWARE.

5.1 EJEMPLO DE GRÁFICAS DE DESEMPEÑO DEL TREN MOTRIZ.

El buen desempeño del tren motriz se vera reflejado en la velocidad máxima que alcanzara el vehículo bajo diferentes parámetros tales como el peso bruto vehicular, tipo de terreno a transitar, pendiente máxima, velocidad de crucero.

5.1.1 Evaluando la capacidad de arranque y ascenso en pendientes.

(*Startability*).

Ejemplo N° 1: En la siguiente figura se muestra un ejemplo de selección del tren motriz con las siguientes condiciones.

Tipo de vehículo: Tracto Camión.

Peso Bruto Vehicular: 45 Tn.

Tipo de carretera: Asfalto.

Velocidad: 70Km/h.

Tipo de pendiente: Llano.

Tipo de área frontal: trailers y camiones articulados.

Figura 109: Búsqueda personalizada del ejemplo 1.

En la Figura 110 se presenta las características del tren motriz que el programa ha seleccionado en función de las necesidades impuestas anteriormente: motor de 450 HP, transmisión de 18 velocidades, llantas de radio 22.5in y paso de diferencial 6.17; Con el tren motriz seleccionado se observa que a medida que se van realizando el cambio de marchas hacia adelante, varía la velocidad del vehículo en los diferentes rangos de RPM del motor por lo tanto el tren motriz seleccionado tiene la capacidad de arrancar y acceder en la pendiente impuesta.

Potencia Requerida: 432.55332779 % Tolerancia (+/-): 5.00 Calcular

Motores Sugeridos (potencia en rango 410.92566140986 - 454.180994189846)

| MARCA | MODELO | POTENCIA | VELOCIDAD | TORQUE |
|-------------|---------|----------|-----------|--------|
| CATERPILLAR | CAT C15 | 450 | 35 | 1550 |
| CATERPILLAR | CAT C15 | 450 | 35 | 1650 |

Tipo de Transmisión: (torque en rango 1472.5 - 1627.5)

| MARCA | MODELO | TORQUE | MARCHAS | PRIMERA | SEGUNDA |
|--------------|-------------|--------|---------|---------|---------|
| EATON FULLER | RTL0-16718B | 1600 | 18 | 14.4 | 12.29 |
| EATON FULLER | RTL0-16918B | 1600 | 18 | 14.4 | 12.29 |

Marca de llanta: BRIDGESTONE Modelo de llanta: L312 Tamaño de llanta: 445/65R22,5

Tipo de Diferencial: (paso en rango 5.985 - 6.615)

| MARCA | MODELO | PASO DIFERENCIAL |
|--------------|--------|------------------|
| Eaton Fuller | 15040S | 6.17 |
| Eaton Fuller | 15040S | 6.5 |
| Eaton Fuller | 19050P | 6.34 |

Graficar Volver

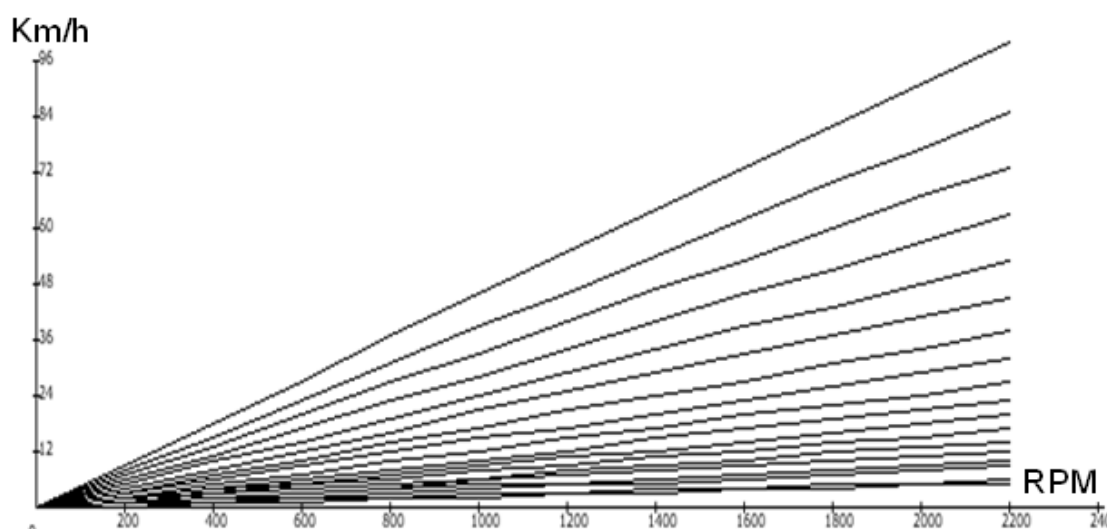


Diagrama de velocidades de un vehículo con motor Caterpillar 450HP; Transmisión Eaton Fuller 18 velocidades; Tamaño de llantas 445/65R22,5; Diferencial Eaton Fuller con paso 6.17.

Figura 110: Muestra de resultados del ejemplo 1.

Ejemplo N° 2: En la siguiente figura se muestra un ejemplo de selección del tren motriz con las siguientes condiciones.

Tipo de vehículo: Camión Pesado.

Peso Bruto Vehicular: 40Tn

Tipo de carretera: Asfalto.

Velocidad: 70Km/h

Tipo de pendiente: Ondulado

Tipo de área frontal: trailers y camiones articulados.

Búsqueda personalizada

Elija los parámetros que se van a personalizar

Seleccionar tipo de vehículo: Camion pesado

Ingrese peso bruto: 40.00 Tn.

Seleccionar tipo de carretera: Asfalto

Ingrese velocidad de cruce: 70.00 Km / h

Seleccionar valor de pendiente: Ondulado

Seleccionar tipo área frontal: Trailers y Camiones articulad

Calcular Ir Menu Principal

Figura 111: Búsqueda personalizada del ejemplo 2.

En la Figura 112 se presenta las características del tren motriz que el programa ha seleccionado en función de las necesidades impuestas anteriormente: motor de 395 HP, transmisión de 9 velocidades, llantas de radio 22.5in y paso de diferencial 5.8; Con el tren motriz seleccionado se observa que a medida que se van realizando el cambio de marchas hacia adelante, varía la velocidad del vehículo en los diferentes rangos de RPM del motor por lo tanto el tren motriz seleccionado tiene la capacidad de arrancar y acceder en la pendiente impuesta.

Potencia Requerida: 391.48011032 % Tolerancia (+/-): 5.00

Motores Sugeridos (potencia en rango 371.90610481146 - 411.054115844246)

| MARCA | MODELO | POTENCIA | VELOCIDAD | TORQUE |
|-------------|---------|----------|-----------|--------|
| CATERPILLAR | CAT C13 | 395 | 35 | 1450 |
| DETROIT | D013 | 390 | 30 | 1350 |

Tipo de Transmisión: (torque en rango 1377.5 - 1522.5)

| MARCA | MODELO | TORQUE | MARCHAS | PRIMERA | SEGUNDA |
|----------|-----------|--------|---------|---------|---------|
| ROCKWELL | RMX9-145R | 1450 | 9 | 13.29 | 9.16 |
| ROCKWELL | RD10-145A | 1450 | 10 | 10.96 | 8.18 |

Marca de llanta: Continental Modelo de llanta: HS 45 Tamaño de llanta: 275/80R22.5

Tipo de Diferencial: (paso en rango 5.548 - 6.132)

| MARCA | MODELO | PASO DIFERENCIAL |
|---------|---------|------------------|
| Generic | 46000lb | 5.8 |
| Generic | 46000lb | 6.1 |
| Generic | 58000lb | 5.8 |

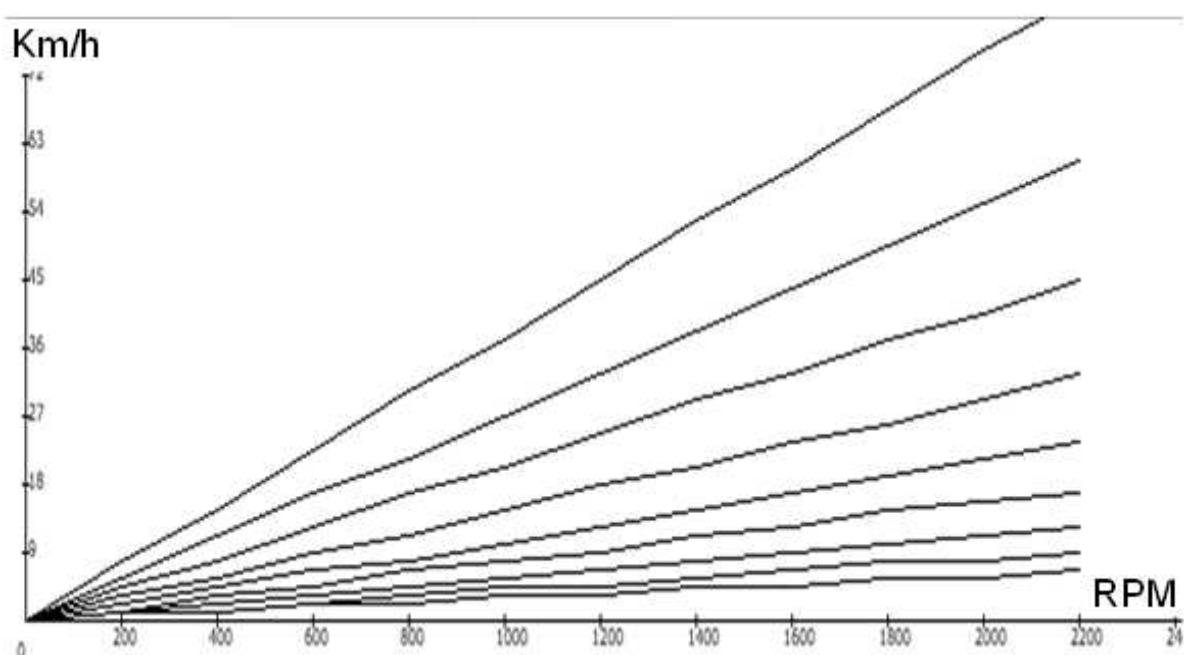


Diagrama de velocidades de un vehículo con motor Caterpillar 395HP; Transmisión ROCKWELL 9 velocidades; Tamaño de llantas 275/80R22, 5; Diferencial Generic con paso 5.8.

Figura 112: Muestra de resultados del ejemplo 2.

5.2 CONSIDERACIONES FINALES.

La selección más apropiada del vehículo y principalmente del tren motriz garantizaran un buen desempeño, la vida útil del vehículo mínimo por diez años de su vida útil, por lo que es necesario seleccionar tomar en cuenta los pesos y dimensiones máximos permitidos en nuestro país, para que en un próximo futuro no tenga el vehículo restricciones para su funcionamiento.

La selección técnica del tren motriz permite determinar con cuidado la potencia requerida del motor, seleccionar la transmisión más adecuada y el paso de diferencial puesto que estos componentes garantizaran el ascenso de las pendientes más severas a una velocidad aceptable, y alcanzar la máxima velocidad a la que puede llegar el vehículo.

CAPÍTULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES.

Mediante el desarrollo de todo el proceso de selección del tren motriz de transporte de carga pesada y pasajeros se puede concluir lo siguiente:

1. En la selección del tren motriz se debe considerar varios aspectos tales como: pendiente máxima, ruta de operación, peso bruto vehicular ya que de estos depende su buen rendimiento y desempeño en las carreteras ecuatorianas y desenvolver los grandes trabajos para los cuales son previamente destinados.
2. Los componentes del tren motriz deben ser seleccionados técnicamente en función de sus necesidades y tipo de carga a transportar. Ya que una selección adecuada del tren motriz genera una gran ventaja a los principales beneficiarios como por ejemplo a dueños de flotas de transporte de carga o pasajeros como aprovechar al máximo la disponibilidad del Vehículo esto quiere decir que se reduce en gran parte el tiempo de inmovilización debido al mantenimiento que se debe de dar al mismo.
3. Este paquete computacional es de muy fácil aplicación ya que permite al usuario realizar modificaciones en la base de datos de acuerdo con sus necesidades y a parte de esto se puede incrementar a la selección rápida las respectivas innovaciones de vehículos que cada vez renueva el parque automotor a través de las grandes concesionarias existentes en nuestro país.
4. Además este software que se ha diseñado permite seleccionar el tren motriz para un vehículo nuevo, considerando los todos los aspectos legales como por ejemplo limites de velocidad establecidos en nuestro país y técnicos para de esta manera poder recomendar

al nuevo usuario un vehículo que se acople netamente a sus necesidades dando a este la seguridad de que su elección es la más factible.

5. En la selección rápida de transporte de carga pesada dentro del stock de los concesionarios de nuestro país no han sido considerados los vehículos de marcas chinas ya que su bajo rendimiento acarrea múltiples problemas principalmente en los usuarios los que se han visto afectados de forma directa, debido a que no se encuentran fácilmente los repuestos de dichas marcas dentro del país. Además se ha considerado que para tener una buena vida útil en cuanto se refiere a vehículos vale la pena hacer una buena inversión.
6. Este programa constituye un aporte de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH al sector de transporte de carga pesada del país facilitando la selección del vehículo más adecuado en función de la aplicación y necesidad del cliente.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al nuevo usuario del Software “Selección del Tren motriz”, tener un previo conocimiento del mismo ya que su manejo en cuanto a la programación es muy sencillo y de fácil comprensión.
2. Recomendamos hacer uso de la selección rápida si el usuario no tiene conocimiento alguno acerca de los principios básicos de la parte automotriz para facilitar de esta manera su rápida elección, recomendando un vehículo existente en cualquier concesionario de nuestro país.
3. Si el usuario posee conocimientos sobre el tren motriz recomendamos usar la selección personalizada la cual facilita elegir según sus necesidades el tipo de motor, transmisión, diferencial y neumáticos que mejor le convenga para que adquiera un vehículo que aproveche al máximo sus componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=4039&Itemid=418
- [2] Pdf. “Selección del tren motriz de vehículos pesados (carga y pasajeros) destinados al servicio público federal.”
- [3] www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2092&Itemid=368
- [4] Pdf. Método para seleccionar el tren motriz de vehículos de transporte pesado con uso óptimo de combustible.
- [5] Ingeniería de vehículos. Sistemas y Cálculos. Cascajosa. Manuel.
- [6] www.google.com.ec/search?hl=es&q=REGLAMENTACI%C3%93N+DE+VEHICULOS+PESADOS&btnG=Buscar+con+Google&meta=&aq=f&oq=
- [7] www.clubmaritimodeperbes.es/mecanica%20funcio%204t.html
- [8] Mecánica del Automóvil. Alonso Pérez.
- [9] www.colbuses.files.wordpress.com/2008/04/caja_de_cambios-volvo-shift1.jpg.
- [10] www.mecanicavirtual.org/images-caja-cambios/caja-tres-ejes.jpg
- [11] www.es.wikipedia.or/wiki/caja_de_cambios.
- [12] www.google.com.ec/search?q=El+Diferencial&hl=es&start=10&sa=N
- [13] www.dip-badajoz.es/ciudadanos/prl/documentos/cod_vel_neumaticos.pdf
- [14] www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4405/1/seleccion.pdf
- [15] www.articles-41184_unitecanexoCoeficientedeaarastre.
- [16] www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/2626/1/images/seleccion_vehicular.pdf
- [17] www.alltransit.org/htm/leyes_circulacion.php
- [18] www.apuntes.rincondelvago.com/vias.html
- [19] Ministerio de obras públicas – Tabla de valores de diseño recomendados para carreteras y caminos vecinales de construcción.
- [20] www.msdn.microsoft.com/es-es/vbasic/default.aspx
- [21] www.magazine.virtualconsulting.biz/general/%C2%BFpor-que-usar-firebird-sql/

BIBLIOGRAFÍA.

CASCAJOSA, M. Ingeniería de Vehículos. Sistemas y Cálculos. 2da.ed. México:
Alfaomega. S.A. 2005.

PÉREZ, A. Mecánica del automóvil. 10ma.ed. Madrid: Thomson-Paraninfo, S.A. 2003.

SZCZEPANIAK, C. Fundamentos de Diseño del Automóvil. 1era.ed. México:
Continental S.A. 1982.

FICHAS TÉCNICAS. Concesionarios del Ecuador. Quito. 2009.

LINKOGRAFÍA.

Ley de tránsito y transporte terrestre del Ecuador.

www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=4039&Itemid=418

2008-10-19.

Gráficas de cámaras de combustión interna.

www.clubmaritimodeperbes.es/mecanica%20funcio%204t.html

2009-01-10

Renovación Vehicular.

www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2092&Itemid=368

www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/el-plan-de-renovacion-vehicular-ya-tiene-reglas-301075-301075.html.

2008-09-09.

www.ecuadorinmediato.com/noticias/67700.

2008-09-20

Capacidad de carga.

www.google.com.ec/search?hl=es&q=capacidad+de+carga+del+vehiculo&start=10&sa=N

www.google.com.ec/search?hl=es&q=REGLAMENTACI%C3%93N+DE+VEHICULOS+PESADOS&btnG=Buscar+con+Google&meta=&aq=f&oq=

2008-12-28.

Fuerzas que se oponen al movimiento.

www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4405/1/seleccion.pdf

2008-12-29.

Coeficiente de arrastre

www.articles-41184_unitecanexoCoeficientedeaarastre

Limites de Velocidad en Ecuador.

www.alltransit.org/htm/leyes_circulacion.php

2009-01-04

Pendientes.

www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001/volumen1/cap4/seccion403.htm#tabla403_01.
2009-01-05.

Startability y Gradeability

engineers.ihs.com/document/abstract/HMXXCAAAAAAAAAAAAA
www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/2626/1/images/seleccion_vehicular.pdf
2009-01-08.

Transmisiones.

www.mecanicavirtual.org/images-caja-cambios/caja-tres-ejes.jpg
www.dana.com/offhighway_systems/products/2004%20Lit/te07.pdf.
www.pjpower.com/spicer/transmissions/.
2009-02-09.
es.wikipedia.org/wiki/Caja_de_cambios#Constituci.C3.B3n_de_la_caja_de_cambios.
es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n.
2009-02-10.
webdelautomovil.com/category/conceptos-basicos/el-motor-y-transmission.
www.gulf.es/es/esgulf.nsf/VS_OPM/9D475445A9BAA539C1256F9C0038EE8D?OpenDocument.
2009-02-11.
www.priceminister.es/offer/buy/20624467/Vv-Aa-Camiones-Y-Vehiculos-Pesados-Reparacion-Y-Mantenimiento-Motor-D-Iesel-Y-Embrague-Transmision-Chasis-Equipo-Elctrico-Libro.html.
2009-02-15.
www.eatonfuller.com.
2009-02-20.
www.rockwell.com.
www.meritor.com.
2009-02-22.

Motor.

www.microcaos.net/wp-content/motor-diesel.jpg

www.cat.com/cda/components/fullArticleNoNav?m=76100&x=7&id=285577.

www.cummins.com.

2009-03-01.

www.detroit.com.

www.hino.com.

2009-03-03.

www.isuzo.com.

www.volvo.com.

2009-03-05.

www.mack.com.

www.internationaltrucks.com.

2009-03-08.

Diferencial.

www.automecanico.com/auto2000/diferencial1.html

www.google.com.ec/search?q=El+Diferencial&hl=es&start=10&sa=N

www.hdtransaxle.com/Products/Rockwell.aspx?gclid=CPXcv8_7h5oCFZuF7QodDzZsGA.

2009-03-10.

[es.wikipedia.org/wiki/Diferencial_\(autom%C3%B3vil\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Diferencial_(autom%C3%B3vil)).

2009-03-11.

coches.trovit.es/coches/funcion-diferencial-automovil.

mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061011132730AAVqMOM.

2009-03-13.

Neumáticos.

www.michelin.es/es/auto/auto_cons_bib_fon_pne.jsp

www.dip-badajoz.es/ciudadanos/prl/documentos/cod_vel_neumaticos.pdf

www.bridgestonecommercialtrucks.htm.

2009-03-15.

www.continentaltires.com.

www.gooyerar.com.

www.michelin.com.

www.generic tires.com.

2009-03-17.

Camiones, Buses, Plataformas, Tracto camiones.

www.webside.com.ec/scaneq/r420.htm.

2009-02-02.

teojama.info/camionespeque1.asp.

www.chevrolet.com.ec/vehiculos/Comerciales/Kodiak/Kodiak-Kodiak.html.

www.autec.ec/index.html.

2009-02-20.

www.viarural.com.ec/agroindustria/camiones/mack/default.htm.

www.automekano-ec.com/ud-cwb459htlb/ud-cwb459htlb-colores.html.

www.maxdrive.com.ec/productos.htm.

www.quitomotors.com.ec/vehiculos.aspx?Tipo=4&Id=8.

2009-02-22.

www.vwcamionesybuses.com.pe/Modelos/Worker/worker6.htm.

www.viarural.com.ec/agroindustria/camiones/scania/modelos-de-camiones.htm.

www.scania.com.ar/Camiones/modelos/serieg/g420/.

2009-02-25.

www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/ganaderos/vehiculos/mercedes-benz/camiones-pesados/default.htm

www.mitsubishi-motors.com.ec/.

2009-02-26.

www.hyundai.com.ec/

www.chevrolet.com.ec/content_data/LAAM/EC/es/GBPEC/microsite/serie-f/default.htm.

www.hino-mavesa.com.ec/asp/default.asp.

2009-02-28

Visual-Basic-2005.net

www.msdn.microsoft.com/es-es/vbasic/default.aspx

www.adrformacion.com/cursos/puntonet/leccion1/tutorial5.html

www.aticana.com.ar/files/Programaci%C3%B3n/Microsoft%20Visual%20Basic%20.NET.pdf

2009-03-10

MySql 5.0

www.google.com.ec/search?hl=es&q=porque+usar+mysql+en+vez+de+sql&btnG=Buscar&meta=

www.magazine.virtualconsulting.biz/general/%C2%BFpor-que-usar-firebird-sql/

2009-04-18